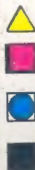
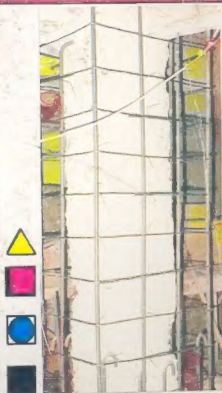


# الإنشاء والإنهيار

■ دراسة الموقع ■ الأساسات السطحية والعميقة

■ الحوائط الساندة ■ تصدع المباني وعلاجها

تأليف: المهندس عبد اللطيف أبو العطا البقري





# الإنشاء والإنهيار

في

■ دراسة الموقع

■ الأساسات السطحية والعميقة

■ الحوائط الساندة

■ تصدع المباني وعلاجها

تأليف

المهندس عبد اللطيف أبو العطا البقري

الطبعة الأولى ١٩٩٤

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## مقدمة عامة

والصخور ، والياب الثالث يبحث الدراسات والتجارب والجسات بالموقع ، والياب الرابع يبحث في اختبارات بالموقع وأنواعها .

### الجزء الثاني : الأساسات السطحية والعميقة :

يشمل هذا الجزء على أربعة أبواب وهي : الباب الأول ويشمل اعتبارات لبعض الحالات الخاصة للأساسات ، الباب الثاني التأسيس على الصخور ، الباب الثالث ويشمل الأساسات السطحية الغير مغطىة ، وهي نماذج محلولة لأربعة عشر نموذجاً ، والباب الرابع الأساسات العميقة ، ويبحث في جميع أنواع الخوازيق وطريقة التصميم .

### الجزء الثالث : الحوائط الساندة :

ويشمل ثلاثة أبواب : الباب الأول : استكشاف الموقع واعتبارات تنفيذية وفواصل الإنشاء ، والباب الثاني يبحث تصميم الحوائط الساندة من الطوب ، والباب الثالث يشمل تصميم الحوائط الساندة من الخرسانة العادية والمسلحة .

### الجزء الرابع : أسباب تصدع المنشآت الخرسانية

#### ومبادئ الطوب وطريقة إصلاحها :

ويشمل على سبعة أبواب - الباب الأول : المواد والتصميم والتنفيذ - الباب الثاني : الشروخ في المباني - الباب الثالث : اختبارات الخرسانة - الباب الرابع : مواد الإضافات وخرسانة الترميم واللصق - الباب الخامس : الإصلاحات الغير إنشائية والشروخ الإنشائية والغير إنشائية - الباب السادس : آثار الرطوبة والطبقات العازلة للحرارة والرطوبة وتخفيض مياه الرشح - الباب السابع : أعمال المباني والزلازل والأمثال .

والله الموفق والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

مهندس / عبد اللطيف البقرى

أخى الزميل القارئ سبق وأن قدمت مجهودي المتواضع وهو الموسوعة اخندسية للمواصفات والتصميمات ومعدلات المواد والعمالة وإنشاء المباني والمرافق العامة في خمس ضبعات في غضون ١٩٨٠ حتى ١٩٩٤ ، وكذلك إنشاء المعمارية للتصميمات الإنشائية ، والكيمياء والمواصفات ودراسة العصابات الضبعة الأولى سنة ١٩٨٩ ، وذلك مصداقاً لقول الله تعالى : ﴿ رَبِّ زِدْنِي عِلْماً ﴾ ، والإنسان مهما كبر فهو في حاجة ماسة لأن يتعلم ، كما نعت جميع الأديان السماوية على الاستزادة من العلم ، لأنه بدونها قد يكون خسر كبيراً ، وعلى المكاتب أن يتأنى ويدقق في كتاباته ، أي أنه من الواجب علينا أن ندع الغرور جانباً ونستفيد من خبرات من سبقونا ، بصرف النظر عن جنسيتهم وأوطانهم ودينتهم ، وأن نزيد عليها من مجهودنا وتفكيرنا ، والكل يسير والعقول توافينا كل يوم بتجديد ، وهذا من أعظم العبر وهو دليل على استيلاء النقص على جملة البشر ولا بد للإنسان أن يعطى فكراً جديداً مهما كان حجمه صغيراً أو كبيراً . إذ إن من يقف ولا يسير يُكسب عليه الفشل والتخلف ولا يصح أن يعتبر من الأحياء الناضجين ، فتنظريه البقاء للأصلح وهو دستور الصالحين الخالدين الذين ورثونا جهودهم وعصارة عقولهم لتزيد عليها ونورثها بعدنا من يستحق الأمانة .

أخى القارئ وفقني الله تعالى أن أكتب في أربعة فروع في الهندسة أربعة أجزاء منفصلة ؛ وهي دراسة الموقع ، وتصميم الأساسات غير المغطىة ، وتصميم الحوائط الساندة ، وأسباب تصدع المنشآت الخرسانية والمباني بالطوب وطريقة إصلاحها . هذه الفروع الأربعة جمعوا في كتاب واحد وسمي ( الإنشاء والإيجار ) وأسأطى نبذة في هذه المقدمة عن كل جزء من الأجزاء .

### الجزء الأول : دراسة الموقع :

يشمل هذا الجزء على أربعة أبواب : الباب الأول يبحث عن عناصر الاستكشاف وطرق أخذ عينات التربة وتوصيف لعمل تقرير والجسة ، والباب الثاني يبحث في أنواع خواص التربة



الجزء  
الأول

# دراسة الموقع



# مقدمة

## دراسة الموقع

## الجزء الأول

القصد من دراسة الموقع هو تعريف بالطرق المختلفة لطبيعة الأرض وترتيب الطبقات التحتية للتربة ، وكذلك الاختبارات الحقلية التي عادة ما تصاحب عمليات دراسة الموقع ، وما هي شروط هذه الدراسة للموقع وتحديد خواص التربة واختباراتها كما نص عليه الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ، وقد أفردت هذه الدراسة فى أربعة أبواب وهى :

الباب الأول : الدراسة المطلوبة لعناصر الاستكشاف والطرق المبسطة لأخذ عينات التربة ؛ وهى الحفر ، وقضبان الدق والتثقيب بالبريمة أو نافورة المياه أو التثقيب الدوراني - وتقرير فنى عن أبحاث التربة والأساسات لعملية إنشاء عمارة سكنية .

الباب الثانى : أنواع خواص التربة والصخور ويبحث فى أنواع الصخور بجميع أنواعها وجميع أنواع التربة وتركيباتها ، وكذا أنواع التربة فى جمهورية مصر العربية .

الباب الثالث : الدراسات والتجارب بالموقع وطرق عمل الجسات وأنواع الجسات الميكانيكية وما هى متطلبات عدد الجسات بالموقع .

الباب الرابع : الاختبارات بالموقع وأنواعها بالطرق الآتية :

اختبار الاختراق القياسى - اختبار الدق - تجربة الاختراق بالمخروط ويشمل المخروط الإستاتيكي والديناميكي ومخروط الاختراق الإحتكاكي ومخروط الاختراق الكهربائي - طريقة مقياس الضغط للتربة ويشمل المقياس الاعتيادي ومقياس ضغط التربة ذاتي الحفر ، اختبار تحميل التربة ( لوح التحميل ) وإجراء الاختبارات للحصول على معامل رد فعل طبقة الأساس ( لتصميم الأساسات والطرق والمطارات وحساب نتائج اختبار معامل رد فعل طبقة الأساس ) .

والله الموفق .. المؤلف

مهندس/ عبد اللطيف أبو العطا البقرى



## الماب الأول

## عناصر الاستكشاف وطرق أخذ عينات التربة وتوصيف لعمل التقرير والمب

### الفصل الأول

### عناصر الاستكشاف وأخذ عينات التربة

#### مقدمة :

(٢) بيانات كافية عن تقدير الهبوط .  
(٣) ما نوع الأساس الذي سينشأ عليه المبني سطحي حيث يصلح القواعد المنفصلة أو القواعد المشتركة أو الأساسات العميقة .

(٤) البيانات الكافية تمكين مهندس ميكانيكا التربة من تحديد قدرة تحمل التربة أو وحدة الأساس .  
(٥) تحديد مشاكل التلوث والتأثير على البيئة المحيطة وأقرب مثال لتلوث البيئة هو منطقة المعصرة التي تغطيها غبار الأسمنت الناتج من مصانع الأسمنت بطره .  
(٦) بيانات عن ما تم للمباني المجاورة من هبوط أو تشرخ أو خلافة .

(٧) بيانات عن طريقة الحفر والردم وما هي الطريقة التي تصلح لسند التربة وأرضها هل هذه الحوائط من الطوب أو من الخرسانة العادية أو من الخرسانة المسلحة .

(٨) طريقة نزح المياه الجوفية هل هي well point system أو خلافة .

(٩) هل كان هناك مبان سابقة بهذا الموقع وما نوعها وهل سيتم التأسيس على الأساسات القديمة أم ستزال .

(١٠) السمات الطبوغرافية المميزة للموقع ويتم معرفة هذه المعلومات من الخرائط المساحية والصور الجوية .

(١١) السمات الجيولوجية العامة للموقع وأنواع الصخور والترسبات السطحية تتوفر هذه المعلومات من هيئة المساحة الطبوغرافية وهيئة المساحة الجيولوجية والمشرعات التعدينية والمساحة العسكرية وشركات التنقيب عن البترول .

(١٢) البيئة الأساسية واحتالات امتدادها ( الطرق - المواصلات - مياه الصرف - الكهرباء وخلافه ) .

(١٣) النشاط الزلزالي للمنطقة .

(١٤) المعلومات الهيدرولوجية : وتشمل دراسة خزانات المياه الجوفية وحركة المياه ، ونفاذية الوحدات الصخرية الحاملة للمياه ، تحليل المياه الجوفية والتركيب الكيميائي لها ، ودراسة حول الآبار والسيول وعلاقتها بالخزان الجوي .

(١٥) الخرائط التركيبية ومصدر هذه الخرائط من هيئة

مذ فرة طويلة ليست بعيدة كانت عملية إجراء اختبارات التربة وعمل جسات ودراسة الموقع واختبارات حفلية ومعملية كانت مقصورة على المشروعات الكبرى والمهمة وغالباً ما تكون المشروعات التي تقوم بها الدولة مثل الخزانات والسدود والكبارى والطرق والمصانع وما شابه ذلك أما المباني السكنية الخاصة ذات الارتفاع المتوسط أو المنخفض فكان يعتمد في المقام الأول على خبرة المهندس الذي يتولى مهمة التصميم وعلى المعلومات التي يحصل عليها من سبقوه بالبناء في المنطقة دون عمل جسات أو دراسات جيوتقنية الأمر الذي أدى إلى تصدعات وانهارات في بعض هذه المباني ولما كانت الاختبارات لازمة لجميع المباني الدور الواحد لأن المبني الدور الواحد لا يتحمل فرق الهبوط Unequal Settlement بخلاف المبني الثقيل ، فثأره بهبوط المباني يكون أقل ، ويكون هذا الهبوط ناتجاً من عدم وجود فواصل ، وعدم انتظام التربة وعدم انتظام الحمل ، ولذلك يجب عمل أبحاث ودراسة للتربة تكون كافية في الموقع ، وعند اختلاف الناسب في موقع واحد يجب عمل الدراسة لكل منسوب على حدة ولذلك يجب من الأهمية عمل الدراسة للموقع سواء كان المبني كبيراً أم صغيراً وعليه لا يقتصر على فحص بصرى لعينات تؤخذ من خنادق مكشوفة بالموقع ولا بد من عمل جسات برمية Auger boring وذلك في حالة المنشآت الصغيرة وتكون التربة معروفة الخواص أو السابق التأسيس عليها وعلى الجانب الآخر لاستكشاف الموقع يشمل عمل جسات عميقة Deep boring مع دراسة مستفيضة وعمل الاختبارات اللازمة معملياً ومفصلاً تفصيلاً دقيقاً وذلك للمنشآت الخاصة والمنشآت الثقيلة لأعمال الحفر العميق .

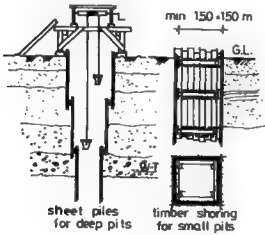
#### الدراسة المطلوبة لعناصر الاستكشاف :

(١) منسوب المياه الجوفية وتحليل نوعية هذه المياه .

المناسب للحفر يكون في حدود ٥-٥ متر وإذا زاد عمق الحفرة عن ذلك فيجب أخذ الاحتياطات اللازمة لتقوية جوانب الحفر منعها من الانهيار وإذا كان عمق الحفر كبيراً فإنه يجب أن يتم سند الجوانب بأى من الطرق المناسبة المستخدمة عادة لهذا الغرض .

والرسومات التالية تبين سند الحفر بطريقة الساتر المعدنية للحفر العميقة *sheat piles for deep pits* وهذا في حالة ما يكون هناك مياه ، إما رفعها بالطريقة اليدوية أو بطلمة ماصة كالبسة والطريقة الثانية عندما يكون الحفر غير عميق فيسند بستائر خشبية *timber shoring for small pits* كما في الرسم التالى :

طريقة بالحفر بالسائر الخشبية أو المعدنية



(ب) قضبان الدق

تعتبر هذه الطريقة أرخص الطرق لاختبار التربة حتى ١٢ متر تحت سطح الأرض . وهي قضيب من الصلب أو ماسورة ذات قطر ٣ سم ذات نهاية مدمية ولها جيب من الخارج ويدق بواسطة مطرقة ثقلها من ٥ - ٦ كجم وترفع بواسطة رافعة أو مقبلة ( Clamp ) للأعماق الكبيرة ويضاف وصلات من القضيب أو الماسورة بواسطة جلبة فلاووظ عند ما يراد زيادة عدد الوصلات . يستخرج بواسطة عينات صغيرة من التربة عند الأعماق المختلفة وتحدد أيضاً منسوب المياه الجوفية ويمكن تحديد بخرية قليلة يستطيع المرء أن يفرق بين التربة الرملية من التربة الطينية عن طريق الصوت الذى يخرج عند لف القضيب ( Twisted ) ، والصعوبة في الدق تعطى مؤشراً لقوة الضغط على جهد التربة والشكلان التاليان أحدهما يبين تجربة الماسورة والثاني تجربة القضيب .

المساحة الجيولوجية ومن هذه الخرائط يمكن تحديد الأثر الهندسى للتركيب الجيولوجى .

(١٦) المعلومات الجيومورفولوجية ويمكن الحصول على هذه المعلومات من الخرائط الجغرافية المتاحة ومن الدراسات الضوغرافية والجيولوجية والصور الجوية حيث توضح الوديان - وممرات السيول ، السمات الرئيسية للترسيبات السطحية ، أماكن الانحيازات الأرضية والمنحدرات الصخرية .

### الجيولوجيا تحت السطحية أو تتابع طبقات التربة :

(١٧) يتم تحديد التتابع الصخرى والثلوجى تحت سطح الموقع وبعمق ملائم ، وإنتاج القطاعات الجيولوجية تحت السطحية . وذلك من واقع الخرائط الجيولوجية تحت السطحية والتقاير الجيولوجية الصادرة من الهيئة العامة للمساحة الجيولوجية والجامعات وشركات البترول والتعدين أو من واقع أعمال الحفر التى تمت بالموقع .

(٢٠) يستحده أسلوب التثقيب في الحصول على العينات المشثلة لنقطاع الجيولوجى تحت السطحي ، ثم يتم دراسة هذه العينات لتحديد التركيب المعدنى للصخور والترسيبات الصخرية وسماتها الطبيعية والميكانيكية وكذلك يتم توقع أماكن التثقيب وأعماقها على الخريطة الطبوغرافية أو الجيولوجية السطحية المتاحة لإنتاج القطاعات الجيولوجية تحت السطحية للموقع .

### طرق مبسطة لأخذ عينات التربة

هناك وسائل كثيرة ومختلفة لأخذ عينات التربة لاختيارها وهذه الوسائل تختلف بعمق وطبيعة الطبقات وطبيعة العمل وهذه الطرق مبسطة وتختصر في الآتى :

#### (أ) الحفرة

في حالة الأبنية ذات الأهمية بالدرجة الثانية يكفى بالحفر في مكانين أو ثلاثة ويكونوا مختلفين في الموقع بحيث هذه الأمانة تعطى جميع البيانات المطلوبة .

وتتميز الحفر المفتوحة بأن يسمح لفحص طبقات التربة بدقة في كل من الاتجاهين الأفقى والرأسى كما أنه يسمح بكشف مناطق عدم الاتصال والفواصل بين طبقات التربة وباستخدام طريقة الحفر هذه يمكن الحصول على عينات بخائها الطبيعية من الأماكن أو الأعماق المرغوب فيها بسهولة وبالمقارنة بطرق الحفر الأخرى فإن الحفر المفتوح لا يؤدي إلى اهتزازات كما هو الحال في حالة التثقيب الميكانيكى الذى يتسبب في قلقلة التربة المجاورة لعمليات التثقيب . وفي حالة التربة المتاسكة التى يمكن القيام بعمليات الحفر فيها بدون الحاجة إلى سند الجوانب فإن العمق

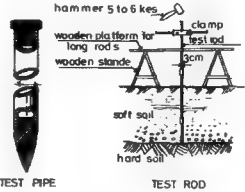


## التقيب بالبريمة أو الحفرة :

المثاقب والحفارات الصلبة تختطف في النوع حسب درجة تماسك التربة - الحفر داخل التربة بالماكينة أو باليد تعتمد على العمق وطبيعة التربة . ويمكن عمل الجسات عن طريق التقيب بالبريمة واستعمال القاييسون حيث يتم في معظم الأحوال استعمال التشغيل اليدوى أو الميكانيكى من إخراج التربة على فترات متفرقة ومن المهم أن يتم الحفر على مراحل بحيث يتراوح عمق الحفر في كل مرحلة من ١ إلى ٥ متر ثم ترفع البريمة للتعرف على طبقات التربة المختلفة وارتفاع كل طبقة ويجب مراعاة أن التربة التى تحصل عليها بهذه الطريقة تكون مزيجاً من المواد التى تم اختراقها في كل مرحلة وبالتالي فالعينات ليست بحالتها الطبيعية ولكن هذه العينات يمكن استخدامها في حساب القيمة المتوسطة لنسبة الرطوبة الطبيعية والتدرج الجيبى وحدود أتربرج .

ويمكن في حالة عمل الجسات بالبريمة الحصول على عينات بحالتها المقلقلة وذلك عن طريق التقدم في الحفر حتى يظهر التغير في نوع التربة - ثم يتم تنظيف الثقب ونزع الأجهزة المستخدمة في الحفر - بعد ذلك يتم أخذ العينة بحالتها الغير مقلقلة الطبيعية من أسفل الحفرة بالأجهزة الخاصة المناسبة لهذا النوع من التربة والرسومات التالية تبين الطرق المستعملة ذات الطبيعة القديمة و مصر من Hand boring , machine boring .

## الجسات بواسطة التقيب أو المواشير



## ( ج ) التقيب

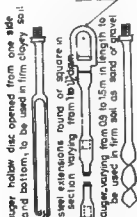
يؤخذ ثلاث طرق مختلفة للتقيب ويستعمل الآتى :

- (١) التقيب بالبريمة أو الحفرة .
- (٢) التقيب بالمضخه المائيه ( طريقة النافورة )
- (٣) التقيب الدوران .

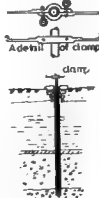
ونظراً لطبيعة التربة تحتاج إلى طريقة أو أكثر من هذه الطرق وسيتم شرح كل طريقة على حدة .

## الجسات بطريقة المثاقب أو الحفر

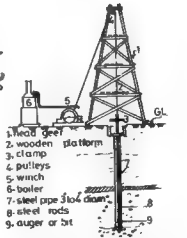
swivel for machine drilling



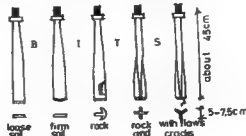
AUGERS and their EXTENSIONS



HAND BORING



MACHINE BORING with Ahead gear



## التقيب الدوراني :

التقيب الدوراني باستعمال قواطع أسطوانية مجوفة ذات حافة من الماس أو الصلب وهذه الطريقة أفضل الطرق وتستخدم في الصخر الصلب أو تستخدم بكثرة في حالات التربة القابلة للانتفاخ المتصلدة .

يجب أن يتم عمل الجسات بالتقيب الدوراني باستخدام قواطع أسطوانية مجوفة ذات سرعات دوران عالية ويمكن أن يكون القاطع من الصلب أو الماس في نهاية الماسورة الصلب (core barrel) أو يتم عمل ثقب أسطوانى بالمقاطع دون (core barrel) ثم يتم إدخال جهاز لأخذ عينة من داخل هذا الثقب الأسطوانى وفي هذه الطريقة يجب الأخذ في الاعتبار أنه من المحتمل أن نسبة الرطوبة الطبيعية لعينة التربة تزيد نتيجة استخدام سواكل في عملية التقيب ولذلك فإن هذه العينة لا تستخدم في القياسات المباشرة لخصائص الانتفاخ وهذه الطريقة تسمى : التقيب بالتخريم .

وهناك طريقة أخرى وهى التقيب بالحفر المفتوح وتستخدم للحفر في التربة القابلة للانتفاخ والصخرية الضعيفة حيث يتم الحفر عن طريق جزء قاطع يقوم بتقيب التربة داخل القطر المحدد للحفرة ويفضل استخدام هذه الطريقة في حالة التربة القابلة للانتفاخ حيث إنه يمكن استخدام الهواء أثناء عملية الحفر لإزالة الأتربة المتعلقة بدلاً من استخدام الماء كما هو الحال في - الطريقة السابقة . والرسم التالى يبين طريقة لـ core barrel المربوطة بالقلاوظ أسفل الماسورة الصلب حيث يمكن تجميع العينات المختلفة بواسطته .

## التقيب بالمضخة المائية ( طريقة النافورة ) :

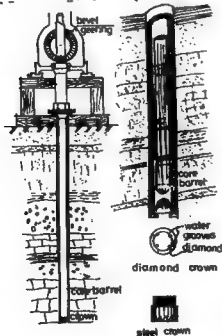
هذه الطريقة رخيصة التكلفة وتستعمل في التربة الغير متماسكة مثل الطين والطينى أو الرمل الناعم وتستعمل في الأعماق التى تصل إلى ٣٥ متر تحت سطح الأرض .

وهي عبارة عن ماسورة من الصلب بقطر من ١ إلى ٣ بوصة موصلة بأحد أطرافها بمضخة تعمل باليد أو بالماكنة لدفع المياه من الخارج داخل ماسورة خارجية من الصلب بقطر من ٣ إلى ٥ بوصة وهذه الماسورة الخارجية معدة من طرفها العلوى لسحب المياه الداخلة من الماسورة الداخلية تحت ضغط عالٍ لرفع هذه المياه وفي هذه الحالة الطين الذى تفتت وذاب داخل الماسورة بفعل المياه المضغوطة عن طريق الماسورة الداخلية سيندفع في الفراغ بين الماسورة الداخلية والخارجية بقوة إلى أعلى وتجمع هذه المياه المحملة بالطين في collector for water and soil علماً بأن الماسورة الخارجية تدق بالريزمة أو بمطرقة لها دليل يدخل داخل الماسورة وتعتمد قدرة المضخة على درجة تماسك التربة وتدرج حبيباتها - ويجب أن يكون قطر الماسورة الداخلية كل بوصة يقابله في الماسورة الخارجية قطر ٣ بوصة لتسهيل اندفاع المياه المحملة بالتربة إلى أعلى .

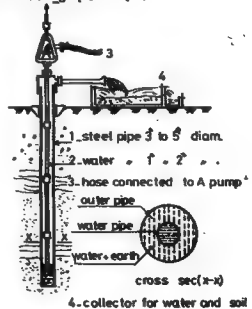
والمثاقيب والحراطات تساعد في تدمير وإبعاد أى شوائب تمنع حركة دخول المياه وخروجها .

ويمكن أخذ العينات عند الأعماق المختلفة من حوض تجميع الطين والأفضل أن تؤخذ العينة عن طريق الطلمبة الماصة والرسم التالى يبين هذه الطريقة .

الجسبة بطريقة التشتيب



الجسبة بطريقة النافورة





## الفصل الثاني

### طريقة توصيف الجسة والتقير

وبعد شرح ما سبق كان الواجب أن تلقى الضوء على عمل جستن في قطعة أرض مساحتها ٢٥٩٣ م<sup>٢</sup> كما هو مبين بالرسم رقم (١) التالى وتبين طريقة عمل التقير بطريقة مبسطة وروائية للغرض وتتلخص هذه الطريقة في عمل التقير الفنى التالى وما تم من هذا التقير في كل صفحة على حدة .

## غلاف التقرير

### تقرير فنى عن أبحاث التربة والأساسات

لعملية إنشاء عمارة سكنية  
ملك الأستاذ /  
صادرة من مكتب المهندس /  
بالعنوان :

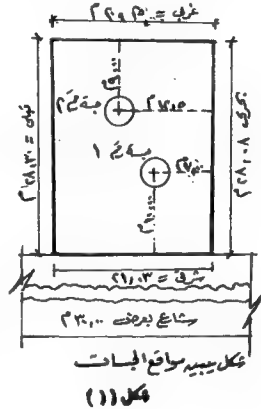
### الصفحة الأولى

#### المحتويات :

- (١) المقدمة :
- (٢) الاستكشاف وأبحاث التربة .
- (٣) طبيعة التربة .
- (٤) التجارب المعملية والحقلية .
- (٥) التوصيات والأقراحت .

#### المرفقات :

- تعريف المصطلحات .
- مقاطعات الجسات .
- منحنيات التدرج الميى .
- منحنيات القوام .



### الصفحة الثانية

#### (١) المقدمة

هذا التقرير مقدم بناء على طلب الأستاذ / ..... وذلك بغرض إنشاء عمارة سكنية بشارع :

والغرض من هذه الدراسة هو دراسة خواص التربة الطبيعية والميكانيكية بالموقع المراد إنشاء المبنى به حيث تم استخدام الطريقة البدوية في الحفر .

وقد اشتملت الدراسة على تنفيذ عدد (٢) جسة وكانت الجسة بعمق ١٥,٠٠ متر وذلك من سطح الأرض الطبيعية . وقد تم إجراء التجارب الحقلية أثناء عملية أخذ العينات من الجستن حيث تم استخراج عينات مقلقة وغير مقلقة من بئر الجس وذلك لإجراء الاختبارات اللازمة عليها . كما تم فحص العينات وأجريت عليها التجارب المعملية لتحديد خواصها الطبيعية والميكانيكية ، وقد وجد أن الجستان متطابقتان تماماً ولذلك أدبجتا في التقرير وأصبحتا كأنهما جسة واحدة . وأعطيت التوصيات الخاصة بنوع الأساس وعمق التأسيس والإجهاد الآمن ، وكذلك الشروط والمواصفات الفنية التى يجب اتباعها أثناء التنفيذ .

وذلك باستخدام المناخل القياسية كما هو موضح بالشكل رقم [٣] والذي يبين منحني التدرج الحبيبي لهذه العينات .

كما استخدمت النتائج التدرج الحبيبي في ضبط دقة تصنيف طبقات التربة والمبني على الفحص النظري للعينات .

(ب) تعيين حدود القوام :

تم إجراء اختبارات تعيين حدود القوام ( حدود أتربرج ) للتربة الطينية وذلك بتعيين حد السيولة باستخدام جهاز ( كزاجراند ) كما هو موضح بالشكلين رقم [ ٤ ، ٥ ] .

وكذلك تعيين حد اللدونة المقابل وبناء عليه تم تصنيف التربة باستخدام منحنيات اللدونة كما هو موضح بالشكلين رقم [ ٦ ، ٧ ] .

(ج) تعيين قيم الضغط غير المحصور :

#### Unconfined Compressive Strength

حيث تم تعيين قيم الضغط غير المحصور لعينات التربة غير المقلقة ونتائج هذا الاختبار موضحة بالجدول التالى والذي يبين العلاقة بين رقم الجسة والعمق وقيمة الضغط غير المحصور .  
:  $q_u \text{ Kg/cm}^2$

### الصفحة السادسة

(١) من سطح الأرض الطبيعية حتى عمق ١,٣٠ متر ردم  
( طمي طيني مع أثار كسر حجير ) .

(٢) من عمق ١,٣٠ متر حتى عمق ٢,٤٠ متر طمي مع أثار  
طين ( ضعيف ) .

(٣) من عمق ٢,٤٠ متر حتى عمق ٣,٥٠ متر طمي طيني  
( ضعيف ) .

(٤) من عمق ٣,٥٠ متر حتى عمق ١٠,٦٠ متر طين شديد  
التماسك مع أثار طمي .

(٥) من عمق ١٠,٦٠ متر حتى عمق ١١,٥٠ متر طين طمي  
مع بعض الرمل الحرش .

(٦) من عمق ١١,٥٠ متر حتى عمق ١٥,٠٠ متر رمل حرش  
مع أثار زلط ناعم و طمي وطين .

| العمق | $q_u \text{ Kg / Cm}^2$ | الجسة |
|-------|-------------------------|-------|
| ٢     | ٠,٤                     | ٢, ١  |
| ٣     | ٠,٥                     |       |
| ٤     | ٢,٠                     |       |
| ٥     | ٢,٢                     |       |
| ٦     | ١,٩                     |       |
| ٧     | ٢,٠                     |       |
| ٨     | ٣,٠                     |       |
| ٩     | ٢,٦                     |       |
| ١٠    | ٢,٥                     |       |

### الصفحة السابعة

(ذ) التحليل الكيميائى :

تم أخذ العينات من المياه الجوفية التي ظهرت بالجسات وكذلك تم رصد منسوب المياه الجوفية الابتدائى والنهائى داخل أبار الجس .

### الصفحة الثالثة

(٧) الاستكشاف وأبحاث التربة :

تم استطلاع واستكشاف المنطقة التي يراد إنشاء المبني بها وبناء عليه تم اختيار مواقع الجسات وذلك لاستخراج العينات اللازمة لإجراء الفحص والاختبار عليها .

حيث تم استخدام المعدات اليدوية والفاصول قطر ١٥٠ ملليمتر وبلغ عمق الحفر بالجسة ١٥,٠٠ متر وذلك من سطح الأرض الطبيعية .

وتم رصد منسوب المياه الجوفية الابتدائى والنهائى من سطح الأرض الطبيعية .

(٣) طبيعة التربة :

أجرى الفحص الحقل والمعمل على العينات المستخرجة من ناتج الحفر بالجسة وعلى ذلك صنف التربة إلى طبقات كما يتضح من قطاع الجستين التين أدجتا في جسة واحدة وأصبح التقرير كأنه جسة واحدة المبين بالشكل رقم (٢) .

(٢) حيث تبين من هذا القطاع أن التربة بالموقع تتكون من الآتى :

### الصفحة الرابعة

الجسة :

### الصفحة الخامسة

(٤) التجارب المعملية والحقليّة :

أولاً : التجارب المعملية :

(أ) التدرج الحبيبي :

بناء على الفحص النظري للعينات المستخرجة من الجسات فقد تم اختيار عينات ممثلة لإجراء اختبار التدرج الحبيبي عليها

ومناسب المياه الابتدائية والنهائية داخل آبار الجس موضحة على قطاع الجسرين بالشكل رقم [٢].  
وقد تم أخذ عينات من المياه الجوفية وتحليلها معملياً كما هو موضح بالجدول رقم [٢] والذي يبين التحليل الكيميائي لهذه العينات.  
**ثالثاً : التجارب الحقلية :**

حيث تم إجراء تجارب الاختراق القياسي أثناء عملية استخراج العينة من الجسة .

### الصفحة الثامنة

#### جدول رقم (٢) جدول يبين التحليل الكيميائي لعينات المياه

| رقم العينة | التاريخ | الموقع | الرقم الهيدروجيني | درجة التوصيل<br>سيموز / سم | جزء في المليون |           |               |                   | ملاحظات |
|------------|---------|--------|-------------------|----------------------------|----------------|-----------|---------------|-------------------|---------|
|            |         |        |                   |                            | الكلوريدات     | الكبريتات | العسر<br>الكل | الكلية<br>القلوية |         |
|            |         |        | ٧,٠               | ٢٥٠٠                       | ٣٦٠            | -         | ٥٦٠           | ٦٤٠               | ١٦٠٠    |

### الصفحة التاسعة

#### (٥) التوصيات : والاقتراحات :

من خلال الدراسة السابقة للتربة بالموقع المراد إنشاء العمارة  
به يمكن إعطاء التوصيات والاقتراحات الآتية :

(١) يستخدم الأسمنت البورتلاندى العادى فى أعمال الأساسات .

(٢) أ) يجب ألا يقل عمق الحفر عن ٣,٥٠ متر من سطح الأرض الطبيعية وجهد التربة الصافي يجب ألا يتعدى ١,٢٠ كجم / سم .

ب) أو يتم الحفر للموقع حتى عمق ٣,٥٠ متر من سطح الأرض الطبيعية وتوضع تربة إحلال بسمك ١,٥ متر من الزلط والرمل بنسبة ٢ : ١ مع الدمك الجيد ولا يتعدى جهد التربة الصافي فوق الإحلال ١,٣ كجم / سم .

(٣) تحدد أبعاد القواعد العادية والمسلحة طبقاً للتصميم الإنشائي .

(٤) يجب دمان الأساسات جيداً بالبيتومين الساخن ( ٣ أوجه على الأقل ) أو البيرولاست المطاطي ثلاثة أوجه على البارد .

(٥) يجب دمك الخرسانة جيداً مع الأخذ في الاعتبار كافة الشروط والمواصفات الفنية الخاصة بالأعمال الخرسانية للأساسات .

(٦) هذه التوصيات خاصة بعمارة سكنية ملك الأستاذ /

(٧) إذا وجد ما يخالف ما جاء بهذا التقرير يتصل بمكتبنا فوراً .

#### SYMBOLS AND DEFINITIONS SHOWN IN

#### CROSS SECTION

|                |  |            |
|----------------|--|------------|
| GRAVEL         |  | زلط        |
| SAND           |  | رمل        |
| SILT           |  | طلى        |
| CLAY           |  | طين        |
| SAND STONE     |  | حجر رملى   |
| LIME STONE     |  | حجر جيرى   |
| SHELLS         |  | قواقع      |
| DISTURBED      |  | مقلقلة     |
| UNDISTURBED    |  | غير مقلقلة |
| SEMI DISTURBED |  | نصف مقلقلة |
| LOST           |  | فقدت       |

NOTES; from 0 to 10% = -traces

from 10 to 20% = some

from 20 to more = adjective



ATTERBERG LIMITS OF SOIL

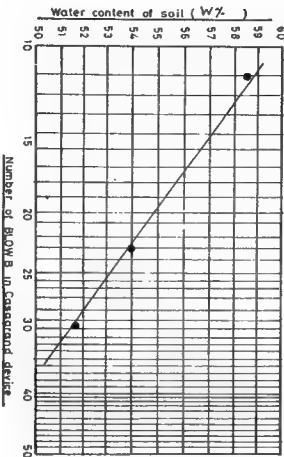
Client

Borehole No. : ٢٢١

Location : عمارة سكنية بـ ١ Depth in meter: ٤,١٠

| SNO | Description     | Result | SNO | Description          | Result |
|-----|-----------------|--------|-----|----------------------|--------|
| 1   | Water content % | ٤١,٩٢  | 4   | Plasticity Index     | ٤,١٧٨  |
| 2   | Liquid limit %  | ٤١,٨٤  | 5   | Shrinkage limit      |        |
| 3   | Plastic limit % | ٤١,١٧  | 6   | Relative consistency | ١,٩٢   |

FLOW CURVE SOIL



(٢٠١)

ATTERBERG LIMITS OF SOIL

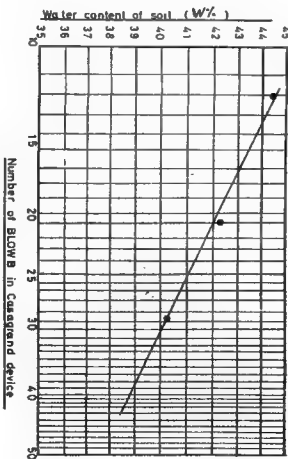
Client :

Borehole No. ٢٢١

Location : عمارة سكنية بـ ١ Depth in meter ٧,٠٠

| SNO | Description     | Result | SNO | Description          | Result |
|-----|-----------------|--------|-----|----------------------|--------|
| 1   | Water content % | ٣٩,٢٩  | 4   | Plasticity Index     | ١,٤٢٢  |
| 2   | Liquid limit %  | ٤١,٠٠  | 5   | Shrinkage Limit      |        |
| 3   | Plastic limit % | ٣٧,٧٨  | 6   | Relative consistency | ١,٣٣   |

FLOW CURVE SOIL



(٢٠٢)



## PLASTICITY SHIRT OF SOIL SAMPLES

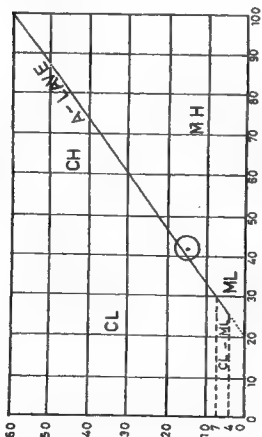
(CASAGRANDE DEVICE)

CLIENT

LOCATION

عمارة سكنية مملوكة

PLASTICITY INDEX IN WEIGHT PERCENT



LIQUID LIMIT IN WEIGHT PERCENT

Depth of sample in meter = 1  
 Depth of sample in meter =  
 Depth of sample in meter =  
 Depth of sample in meter =

○ B H  
 ● B H  
 ⊙ B H  
 ⊗ B H

(V) كل

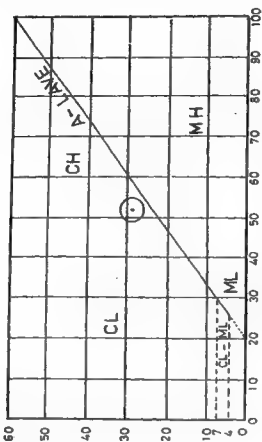
(CASAGRANDE DEVICE)

CLIENT

LOCATION

عمارة سكنية مملوكة

PLASTICITY INDEX IN WEIGHT PERCENT



LIQUID LIMIT IN WEIGHT PERCENT

Depth of sample in meter = 1  
 Depth of sample in meter =  
 Depth of sample in meter =  
 Depth of sample in meter =

○ B H  
 ● B H  
 ⊙ B H  
 ⊗ B H

(V) كل



## الباب الثاني

### أنواع خواص التربة والصخور

#### الفصل الأول : أنواع الصخور :

#### وتنقسم الصخور إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي :

##### ١ - الصخور النارية :

تتكون غالبية القشرة الأرضية من الصخور النارية ( حوالي ٩٥٪ بالحجم ) والتي يرجع أصلها إلى تبلور الصهارة أو الماجما بداخل القشرة الأرضية أو قريباً من سطح الأرض وتبعاً للأعماق التي توجد عليها الصخور النارية بالنسبة لسطح الأرض فإنها تصنف إلى ثلاثة أقسام هي :

( أ ) **صخور جوفية** أو **متداخلة** : وتوجد على أعماق كبيرة من سطح القشرة الأرضية . ومن أمثلتها صخور الجرانيت والديوريت ، ويرجع ظهور هذه الصخور على السطح إلى الحركات التكوينية التي تتعرض لها هذه الصخور .

( ب ) **صخور سطحجوفية** : وتوجد على أعماق متوسطة من سطح القشرة الأرضية ومن أمثلتها بورفير الكوارتز والبورفيريت والدولريت .

( ج ) **صخور بركانية** أو **مقلوبة** : وتوجد على سطح الأرض أو بالقرب منه مثل البازلت أو الأنديسيت والدولريت .

##### ٢ - الصخور الرسوبية :

تصنف الصخور الرسوبية على أساس نشأة الرواسب إلى ثلاثة أنواع رئيسية .

( أ ) **الرواسب الميكانيكية** : تتكون الرواسب الميكانيكية من حبيبات المعادن الناتجة من التفتيت الميكانيكي لجميع أنواع الصخور ، وتنقل المواد الفتتة بفعل المياه أو الهواء أو الجاذبية إلى أماكنها الحالية التي ترسب فيها ، وتشمل هذه الرواسب الأنواع للموضحة في الجدول التالي :

جدول بين أنواع الرواسب الميكانيكية

| نوع الصخور الرسوبية  | الحدود التقريبية للرواسب         | معدلات التآكل والترسب         |
|--|----------------------------------|-------------------------------|
| كوارتزيت<br>رملي<br>ثابت   | حصى<br>حصى متوسط<br>حصى رقيق     | ١ - ٢ م<br>٢ - ٢ م            |
| صخور رملية بركانية<br>السياسة والحمية<br>والجذعية والطينية والقدرة | رمل خشن<br>رمل متوسط<br>رمل خفيف | ٢ - ٢ م<br>٢ - ٢ م<br>٢ - ٢ م |
| طين<br>الطين<br>الطين  | الطين<br>الطين<br>الطين          | ٢ - ٢ م<br>٢ - ٢ م<br>٢ - ٢ م |

الصخور هي الوحدات المكونة للقشرة الأرضية . ويتكون الصخر من معدن واحد أو أكثر . وعلى الرغم من أن الصخور تعرف من الوجهة الجيولوجية بأنها خليط ميكانيكي من عدد من المعادن الطبيعية متماسكة ولها حالة من الاستمرارية للنسيج الصخري وتعرف التربة بأنها صخور مهشمة تأخذ حبيباتها أحجام وأشكال محددة وليس لها صفة التماسك المطلوبة للصخر .

إلا أنه في الحالات التطبيقية من وجهة النظر الهندسية المدنية يتم الفصل بين الصخر والتربة من خلال بعض الخواص والسلوكيات الميكانيكية مثل نتائج بعض الاختبارات الحقلية والمعملية .

وتتركب القشرة الأرضية في غالبيتها من الصخور النارية التي تشمل الصخور الجوفية والبركانية وعندما تتعرض الصخور النارية ، سواء كانت جوفية أو بركانية للظروف السائدة على الأرض فإنها تتفكك وتتحلل كيميائياً مكونة الفتات الذي تنقله المياه الجارية ويرسب معظمها في الأحواض - الترسيبية بالبحار والمحيطات وبذلك تتنج الرواسب التي تكون بعد تماسكها وتلاحمها الأنواع المختلفة من الصخور الرسوبية مثل الطين الصفحي والصخور الرملية والجيرية . كما بالجدول التالي وعندما تتعرض الصخور الرسوبية أو النارية التي على أعماق كبيرة لظروف جديدة من الضغط والحرارة العالية فإنها تتحول إلى صخور جديدة تسمى الصخور المتحولة ومن أمثلتها الرخام والكوارتزيت والشيست .

جدول بين متوسط التركيب المعدني للصخور الرسوبية

| المعدن                   | النسبة المئوية |
|--------------------------|----------------|
| كوارتز وسليكا            | ٣٠             |
| ميك ( مسكونيت وبيوتيت )  | ٢٣             |
| معدن الصلصال ( طين )     | ١٧.٥           |
| كوارتز                   | ٩              |
| كربونات (كلسيت ودولوميت) | ٨.٥            |
| أكسيد وهيدروكسيد الحديد  | ٥              |
| كوارتز                   | ٢              |
| ماء                      | ٢              |

ب) رواسب عضوية : تتكون هذه الرواسب من تراكم بقايا نشأتها .

للمواد العضوية التي خلفتها الحيوانات أو النباتات التي تعيش في وتنقسم الرواسب العضوية كما في الجدول التالي إلى رواسب البحار أو اليابس . وتحتوي غالباً على حفريات تدل على جيرية وسيليسية وكربونية وحديدية وفوسفاتية .

### جدول يبين أنواع الرواسب العضوية

| أنواع الصخور الرسوبية                       | المواد المكونة للراسب                                     | الصفة الغالبة للراسب             |
|---|---|----------------------------------|
| صخور جيرية عضوية<br>كالطبشير .              | فئات الممار وهياكل الحيوانات<br>البحرية والشعاب المرجانية | أ) رواسب جيرية<br>Calcareous     |
| صخور سيليسية عضوية مثل :<br>صخور الدياتوميت | أشواك الأسفنج<br>الدولوميت                                | ب) رواسب سيليسية<br>Siliceous    |
| لجنت - فحم بتيوموني -<br>انتراست            | غابات متفحمة ونباتات<br>متقولة                            | ج) رواسب كربونية<br>Carbonaceous |
| رواسب الحديد التي تتكون<br>من الليمونيت     | رواسب حديد المستنقعات                                     | د) رواسب حديدية<br>Ferruginous   |
| خام الفوسفات<br>( الفوسفوريت ) .            | طبقات من عظام الحيوانات<br>الضخمة - الجوانو .             | هـ) رواسب فوسفاتية<br>Phosphatic |

ج) الرواسب الكيميائية : تنشأ الرواسب الكيميائية من عملية التبخر أو التفاعل الكيميائي بين المحاليل التي كانت هذه المواد مذابة فيها . ومن أمثلتها بعض الرواسب الجيرية الملحية أو التبخيرية ويوضح الجدول التالي الأنواع الرئيسية لهذه الرواسب .

### جدول يبين أنواع الرواسب الكيميائية

| أنواع الصخور الرسوبية  | المواد المكونة للراسب  | الصفة الغالبة للراسب |
|--|--|----------------------|
| الحجر الجيري البطروخي<br>والدولوميت والصخور<br>الجيرية الدولوميتية . | كربونات كالسيوم مترسبة<br>من المحاليل : كربونات كالسيوم<br>ومغنسيوم مترسبة من المحاليل . | أ) رواسب جيرية       |
| التشرت والصوان   | السيليكا الجيلاتينية   | ب) رواسب سيليسية     |
| خامات الحديد الليمونيتية<br>والطفلة الحديدية                         | أكاسيد وأيدروكسيدات<br>الحديد  | ج) رواسب حديدية      |
| جبس - انهدريت - ملح<br>صخرى - أملاح الصوديوم<br>والبوتاسيوم والنظرون | رواسب البحيرات المالحة   | هـ) رواسب ملحية      |

## (٣) الصخور المتحولة :

هى الصخور المتحولة الرسوبية التى تأثرت بالضغط أو الحرارة أو كليهما من مصادرها التكوينية مما أدى إلى تغير فى خواصها البنائية والميكانيكية . وقد يصاحب هذا التحول تغير فى التركيب إذا توفرت العوامل المؤثرة لذلك .

## (٤) التقسيم الهندسى للصخور الصلبة أو المتحكمة بفرض إنشاء الأساسات :

إن الأهمية الجيولوجية بالنسبة لأساسات المباني والمنشآت هى تحديد صلاحية الصخور والتربة الحاملة لأساسات المنشأ أو الحاوية للمنشأ ومعرفة أنواع التركيب الصخرية تحت السطحية مع مراعاة العوامل التى تنشأ من تأثير الزلازل وذلك فى حالة المباني العالية والضغط - والمنشآت الهندسية كالسدود والخزانات . ومن الناحية الهندسية تقدر صلاحية الصخور الصلدة المتحكمة بصفتين أساسيتين هما القوة الضغطية للصخور و (R.Q.D) للصخور ويمكن كذلك تقدير صلاحية الصخور لبعض الأعمال الهندسية بتحديد مقاومته لعوامل الاحتكاك والبرى أو القوة الضغطية والنسبة المتوية للمعادن المكونة للصخور والتى تزيد صلاحيتها عن ٥,٥ طبقاً لمقياس موهر للصلادة وعلى أساس صلابة المعادن المكونة للصخور قسم كرفان الصخور من الناحية الهندسية إلى خمسة أنواع هى

صخور لينة ومتوسطة الصلابة وصلبة وعالية الصلابة . ويجب ملاحظة أنه عند اختبار القوة للصخر أن يكون اتجاه الضغط فى نفس اتجاه ثقل المنشأ الهندسى على العينة المختبرة وذلك لأنه يوجد فرق كبير فى درجة تحمل الصخور الرسوبية للضغط بموازاة التطابق عنه فى الاتجاه العمودى على مستوى التطابق .

ولما كانت الصخور محتوية بصفة عامة على تشققات وفواصل متباعدة أو متقاربة فإن سلوك الصخر تحت الأحمال الهندسية وغيرها وفى المجال الأوسع ( أى فى الكتل الصخرية الكبرى ) فإنه من الضروري أن تتأكد من مدى تأثير تلك التشققات على سلوك الصخر من الناحية - الهندسية . ويمكن دراسة هذا التأثير بصفة تقريبية عن طريق قياسات نسب الاستخلاص ورقم الاستخلاص أثناء إجراء الجسات وفحص العينات .

( أ ) الخواص الطبيعية : يوضح الجدول ( التالى أ ) الخواص الطبيعية لبعض أنواع الصخور النارية والرسوبية .

( ب ) الخواص الميكانيكية : يوضح الجدول ( التالى ب ) تصنيف الصخور من حيث قوة تحملها للضغط غير المحصور وذلك للصخر السليم المستمر .

جدول (أ) يبين وحدة الحجم ومسامية بعض الصخور

| المسامية % | وزن وحدة الحجم جم / سم <sup>٣</sup> | الصخر    |
|------------|-------------------------------------|----------|
| ١,٥ - ٠,٥  | ٢,٨ - ٢,٦                           | جرانيت   |
| ٩,٥ - ٠,١  | ٣,٠٥ - ٣,٠٠                         | دولريت   |
| ٦ - ٤      | ٢,٦ - ٢,٤                           | ربوليت   |
| ١٥ - ١٠    | ٢,٣ - ٢,٢                           | أندسيت   |
| ٠,٢ - ٠,١  | ٣,١ - ٣,٠٠                          | جابر     |
| ١ - ٠,١    | ٢,٩ - ٢,٨                           | بازلت    |
| ٢٥ - ٥     | ٢,٦ - ٢,٠٠                          | حجر رملي |
| ٣٠ - ١٠    | ٢,٤ - ٢,٠٠                          | حجر طيني |
| ٢٠ - ٥     | ٢,٦ - ٣,٢                           | حجر جيرى |
| ٥ - ١      | ٢,٦ - ٢,٥                           | دولوميت  |
| ١,٥٠ - ٠,٥ | ٣,٠ - ٢,٩                           | نيس      |
| ٢ - ٠,٥    | ٢,٧ - ٢,٦                           | رخام     |
| ٠,٥ - ٠,١  | ٢,٦٥                                | كوارتزيت |
| ٠,٥ - ٠,١  | ٢,٧ - ٢,٦                           | أردواز   |

جدول ( ب ) يبين تصنيف الصخور من الناحية الهندسية

| النسبة المئوية للمعادن التي صلابتها أكثر من ٥,٥ |               |               |            | مقاومة الضغط<br>غير المحصور<br>للصخور (كجم/سم <sup>٢</sup> ) |
|---|---------------|---------------|------------|--|
| ٧٥ - ١٠٠ %                                      | ٥٠ - ٧٥ %     | ٢٥ - ٥٠ %     | صفر - ٢٥ % |  |
| لين   |               | لين جداً      |            | أقل من ٦٠  |
| متوسط الصلابة                                   | لين           |               |            | ٦٠٠ - ١٠٠٠   |
| متوسط الصلابة                                   |               | لين           |            | ١٠٠٠ - ١٤٠٠  |
| صلب   | متوسط الصلابة |               |            | ١٤٠٠ - ١٨٠٠  |
| صلب   |               | متوسط الصلابة |            | ١٨٠٠ - ٢٠٠٠  |
| عالي الصلابة                                    | صلب           | متوسط الصلابة |            | أكثر من ٢٠٠٠   |

— الكيلو جرام = ١٠ نيوتن تقريباً .

## الفصل الثاني

### التربة

#### ١- تعريف التربة :

وترسبت في مكان آخر وبذلك تختلف معادنها الأولية الثابتة عن تلك الموجودة بصخور الأساس وعوامل نقل التربة قد تكون بفعل الرياح عندئذ تعرف بالتربة الهوائية مثل تربة الكثبان الرملية وتربة اللويس .

وتعرف التربة بالنهرية إذا نقلت أو ترسبت بفعل المياه مثل الحصى والزلط والرمال الشاطئية ، أما إذا كانت الجاذبية هي القوة المؤثرة لجميع الفتات الصخرية أسفل المنحدرات والمناطق ذات التضاريس الوعرة فتعرف التربة بالتأقية .

#### ٣ - تصنيف أنواع التربة :

أ ( التربة الهوائية : وأهم أنواعها الكثبان الرملية وتربة اللويس .  
١ ( الكثبان الرملية : تنشأ في المناطق الصحراوية الجافة أو متعمدة الأمطار حيث تنقل الرمال الناتجة عن الفتات الصخرية دقيقة الحبيبات بفعل الرياح والتيارات الهوائية حتى إذا اعترض حركتها - عائق توقفت ورسبت حملها من الرمال على شكل كثبان .

٢ ( تربة اللويس : هي تربة هوائية تنشأ في الظروف القارية الصحراوية أو الجليدية وتتميز بأنها خليط من المعادن للباصة من الرمال والطين والطيني مثل التي تحتوي أحياناً على معادن المونتوريليت ذى الشرافة العالية لامتناس الماء . وتكون تربة اللويس ذات أصل أولي أو ثانوي إذا كانت ناتجة مباشرة من صخور الأساس في الحالة الأولى ومنقولة بواسطة الرياح أو

يطلق لفظ التربة على الطبقة العليا المفككة من القشرة الأرضية الناتجة عن تفكيت الصخور بعوامل التحرية والتجوية وهي تتجزأ بالنسبة للمهندسين تجمع طبيعي لمعادن ومركبات عضوية متفاضلة إلى طبقات متغيرة السمك تختلف في شكلها وطبيعة تركيبها وخواصها الكيميائية والحبيوية عن الصخور الأساس .

#### ٢ - أنواع التربة :

وتصنف التربة تبعاً للعلاقة الوراثة بين مكونات التربة وصخور الأساس إلى نوعين هما :

أ ( التربة المتبقية . ب ( التربة المنقولة .  
بينما تصنف طبقاً للوسط الذي ساهم في تكوينها إلى ثلاثة أنواع هي :

١ ( التربة الهوائية . ب ( التربة التأقية . ج ( التربة النهرية .  
تعرف التربة المتبقية بأنها التربة التي تظل في موضع تكونها فوق صخور الأساس التي تنجبت عنها بفعل عوامل التجوية وفي هذه الحالة تحتوي على نفس المعادن الأولية الناتجة الموجودة بصخور الأساس .

أما التربة المنقولة فهي التربة التي نقلت من موضع تكونها

## قطاع التربة :

تميز التربة بتكويناتها الطبقة المختلفة عن بعضها البعض وعن صخور الأساس في الخواص والتركيب حيث يفضل وضع صورة لهذا القطاع فوق اللون والنسيج والتركيب المعدني وتركيز أيون الأس الهيدروجيني (PH) والمكونات العضوية والمعادن الطينية وتجمعات الأكاسيد . ويعرف قطاع التربة من الوجهة الهندسية بأنه قطاع رأسى في الرواسب المكونة للتربة من منسوب سطح الأرض حتى عمق كاف . فإن تعدى ذلك القطاع طبقة التربة ليصل إلى صخور الأساس عرف بالقطاع الجيولوجى ويقسم القطاع عادة إلى ثلاثة مناطق يعرف الجزء العلوى باسم التربة العلوية ويعرف الجزء الثانى باسم طبقة ما تحت التربة أما الجزء الثالث فيطلق عليه الطبقة السفلى أو صخور الأساس المتناسكة . وقد لا يمثل التتابع الطبقي بصورة كاملة . مثلاً في حالة التربة غير الناضجة ( المراحل المتوسطة من التعرية والتجوية ) قد لا توجد طبقة التربة في الدراسات التفصيلية لقطاع التربة وقد تنقسم كل من طبقاتها الأساسية الثلاثة إلى عدد أكبر من رقائق الطبقات تتوقف حدودها على اختلاف مكوناتها المعدنية وتغير صفاتها في الاتجاه الرأسى .

## عمليات التعرية والتجوية :

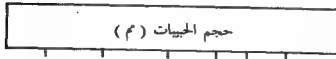
تأخذ نواتج عمليات التعرية والتجوية أحد صور ثلاث هي :

( أ ) معادن أولية ثابته مثل الكوارتز .  
( ب ) معادن ثانوية مثل الكاولينات والمعادن الطبيعية الأخرى .

( ج ) مواد ذاتية على هيئة محاليل تتكون عادة من المعادن الأولية والثانوية دقيقة الحبيبات مثل الفرين والطين ( الفرين هو خليط الطمي المترسب من الفيضان ) ويمكن ترتيب مكونات التربة طبقاً للتدرج الحبيسى من الأصغر إلى الأكبر كما يلى :

( أ ) الطين . ( ب ) طمي . ( ج ) رمل .

شكل يبين تصنيف التربة تبعاً لأحجام الحبيبات



| تصنيف التربة | زلط | رمل | طمي  | طين |
|--------------|-----|-----|------|-----|
|              | ٢   | ٠,٦ | ٠,٠٢ |     |

التلاجات في الحالة الثانية كما تتميز بأنها في الحالة الجافة يمكن أن يكون القطع بها رأسياً وعند تعرضها للمياه يؤدي ذلك لانتهار القطع الرأسى .

وتختلف مساهمتها في الاتجاه الرأسى عنه في الاتجاه الأفقى وهى تعتبر تربة انهارية بالنسبة للتأسيس .

( ب ) التربة الناقلة : وتتكون في المناطق الصحراوية الجافة المقعدة في تضاريسها وأصلها الجيولوجى والتباينة في ارتفاعها حيث تنشط عوامل التعرية الميكانيكية القادرة على تفتيت قسم الجبال والمرتفعات ليتدرج الفتات الصخرى تحت تأثير قوى الجاذبية إلى الوديان والمنخفضات .

( ج ) التربة النهرية : تتدرج الرواسب المنقولة بواسطة مياه الأنهار في خشونتها من المنبع إلى المصب حيث ترسب المواد الخشنة مثل الحصى والرط قريبة من المنبع بينما ترسب المواد الأكثر نعومة مثل الرمال على بعد عدة كيلو مترات وهكذا حتى تصل المياه المحملة بالرواسب دقيقة الحبيبات مثل الطين والطين إلى المصب . وترسب التربة النهرية في الوديان وعلى ضفاف الأنهار مكونة طبقات يختلف سمكها تبعاً لكثرة أو قلة الفتات الصخرى ونوع صخور الأساس .

## ( د ) التركيب المعدنى للتربة :

تأخذ نواتج عمليات التعرية Denudation والتجوية ( weathering ) أحد صور ثلاث هى معادن أولية مثل الكوارتز ومعادن ثانوية مثل الكاولينيت وغيره من المعادن الطينية الأخرى ومواد ذاتية على هيئة محاليل الكتروليتية أو غروية مكونة عادة من المعادن الأولية والثانوية دقيقة الحبيبات مثل الطين أو الطمي . وعلى ذلك فإن التربة بصفة عامة تتكون من خليط من الرمل والطين أو الطين ويوضح الشكل التالى بعض الطرق المتبعة في تصنيف التربة تبعاً لمكوناتها الأساسية حيث تمثل المكونات المعدنية الثلاث للتربة وهى الطين والطين والرمل بـرعوس مثلث أضلاعه خليط من معدنين بينما تمثل أية نقطة داخل المثلث خليط من المعادن الثلاث ومبين على الشكل حدود مكونات الأنواع المختلفة والمعرفة للتربة .



شكل يبين تصنيف التربة تبعاً لكمياتها النسبية

## الفصل الثالث

### أنواع التربة في جمهورية مصر العربية :

تتكون التربة في المناطق الحضرية من نوعين أساسيين :  
أ ( الرواسب النيلية ورواسب النيل في المناطق الساحلية أو على مصاطب النهر .

ب ( التربة الصحراوية وتشمل كذلك تربة الساحل الشمالى الغربى .

#### ١ ( الرواسب النيلية :

تتكون الرواسب النيلية في أغلب المناطق في مصر من :

أ ( رواسب النهر في سهله الفيضى وهي لذلك تكونت على الترتيب التالي بدءاً من السطح .

(١) تربة طينية طمية متوسطة التماسك أو متماسكة وقد توجد بعض التربة اللينة السوداء عند السطح أو قريبة منه .  
(٢) تربة طمية أو تربة رملية طينية تحتل طبقة انتقالية .  
(٣) تربة رملية نيلية وتتكون أساساً من الرمل الناعم إلى المتوسط وقد تحتوى على بعض الزلط الرفيع .

(٤) تربة طوفانية Diluvial وهي تربة رملية تكونت أصلاً على مصاطب النهر وتتكون من الرمال الصفراء في الغالب وتوجد بها في بعض الأحيان كميات من كربونات الكالسيوم أو الدولوميت في بعض المناطق مما يؤدي إلى تواجد بعض الكتل متوسطة التماسك داخل هذه الرمال . وسمك هذه الطبقة يختلف وقد تنقسم إلى قسمين متباينين في بعض المناطق والقسم العلوى منها يتكون من الرمال المتوسطة إلى حرشة . وتحتوى على بعض الزلط . وذات كثافة جيدة . وأما الطبقة التى تليها فتكون غالباً من الرمال المتدرجة ولا تحتوى على الزلط بصفة عامة .

(٥) توجد بعض الترسبات الطينية على مستوى أعلى من ترسبات السهل الفيضى في عمق أسوان وتعتمد لتصل شيئاً حيث يقل سمكها وتختفى ثم تظهر تحت السطح في بعض المناطق شرق القاهرة على سبيل المثال . وهذه التربة تعتبر انتفاشية حيث يزيد حجمها كثيراً عند ملاسة المياه وقد تقل نسبة الطين بها . إلا أنه يختبر من النوع الشيط والذى يسبب مشاكل عديدة في عمليات التأسيس .

ب ( الترسبات النيلية الساحلية : وهذه تربة طينية رسبها النهر في المياه المالحة وهي في الغالب تتكون من الطين الغروى في بعض الأماكن حول مدينة الإسكندرية ، أو من الطين اللين إلى متوسط في مناطق متعددة شمال الدلتا حتى منطقة بورسعيد .

ج ( التربة العضوية : وهي تعتبر ترسيب نيلي بحرى مشترك وهي التربة التى تحتوى عادة على خليط من الرواسب العضوية

مع تربة طمية أو طينية أو رملية . وتوجد في ج . م . ع حول فرعى النهر بصفة أساسية بدأ من حوالى ٨٠ كم شمال القاهرة ومن مناطق المنصورة وحتى دمياط وكذلك حول فرع رشيد في مناطق دمهور حتى بعض مناطق الإسكندرية الشرقية .

#### ٢ ( التربة الصحراوية :

تحتضن المناطق الصحراوية كل المناطق الحضرية من الجنوب حتى القاهرة في حين توجد هذه التربة في بعض المدن الموجودة على حافة الدلتا وكذلك في مدينة السويس والإسماعيلية على سبيل المثال كما تظهر الرسوبيات الصحراوية مختلطة مع الرسوبيات البحرية في مدن الساحل الشمالى بدءاً من أطراف الإسكندرية الغربية .

وهذه التربة الصحراوية تكونت في عصور أقدم كثيراً من التربة النيلية وإن كان بعضاً منها مثل الرمال بصفة خاصة قد انجرفت بواسطة الأمطار إلى الوادى وما حوله من الأماكن وترسبت مكونة مصاطب النهر - وليست الصحارى المصرية في مجموعها مغطاة بطبقات سمكية من الرمال ولكن الرمال في بعض الأماكن لا تعدى أمتراك قليلة ، أما الطبقات الغالبة فتتكون من نوعيات مختلفة من التربة كما يلى :

أ ( الرمال المتناسكة : التربة التطاقية أو الرقائمية مكونة من تتابع الرمال والطين والطين بأسمك مختلفة ، وكذلك التربة التطاقية المتعددة الألوان التواجدة في الصحراء الغربية الجنوبية مع تكوينات من الحجر الرملى النوى وتعرف Variegated shales وتوجد الرمال المتناسكة بصفة عامة في الأراضي الصحراوية سواء على السطح أو على أعماق منه ، ويكون تماسكها راجعاً إلى وجود الحديد أو الطمي أو الطين أو المواد الجيرية أو الدوليتية أو كلوريد الصوديوم ويغلب على هذه التربة السلوك الانهيارى ، وإن كانت بعض أنواعها ذات سلوك انتفاشى طبقاً لكميات الطين ونوعها المسببة لهذا التماسك وعلى ذلك فإن الرمال المتناسكة لا بد من دراستها من الناحية الانهيارية وكذلك من ناحية الانتفاش وهذه الحالة الأخيرة ربما تحدث في التربة الرملية التى تناسك ليس فقط بواسطة الطين المتواجد بين حبات الرمل أو المغلف لها ونسبته غالباً غير عالية . ولكن قد يكون التماسك ناتجاً عن وجود غلاف طينى رقيق حول حبات الرمل . على ذلك فإن التقييم السليم لخواص هذه التربة معطياً سواء في الانتفاش أو في الانهيار يلزم بأن يتم باستخدام عينات غير قابلة لمقلقة وتستخرج بطريقة سليمة مع المحافظة عليها أثناء النقل والتخزين كما يفيد التحاليل الميكانيكية وخواص المار من متحلل ٥٠٠٦ م في تحديد خواص الانتفاش .

ب ( الطبقات الطينية : الطبقات الطينية سواء ما سمي بالحجر الطينى أو الحجر الطمى وهي ما يعرف جيوتكنيكياً أيضاً بالتربة



أو بين تشققاته .  
وقد يختفى معدن الطين ويتبقى العظمى والرمل الجبرى  
كمكونين رئيسيين وعلى ذلك فإنها تختلف بين المارل الغير لدن  
وبدون طين والمارل عالى اللدونة ، وفى الغالب تكون سابقة  
التصلب بدرجات متفاوتة . والمارل الشديد الصلابة قد يسمى  
حجر المارل ولا بد من العناية فى التفريق بينه وبين الحجر الجبرى  
حيث إن سلوكه يشابه سلوك التربة الطينية لحد كبير عند  
تلامسها للمياه .

الطينية الجامدة وهذه التربة فى الغالب تتكون من ترسيبات بحيرية  
lacustrine deposits مثل الطين الأسوانى أو التربة الطبقية فى  
تكوينات إسنا أو القاهرة أو حول مدينة الإسكندرية أعلى  
منسوب المياه الأرضية أو فى مناطق محافظة السويس والبحر  
الأحمر .

جـ) المارل : طين جبرى يحتوى على نسبة من كربونات  
الكالسيوم تتراوح من حوالى ٣٠٪ ، ٨٠٪ ، بالوزن ويتوقف  
سلوكها على خواص الطين المكون لها إذ قد تكون هذه الخواص  
انتفاشية أو غير ذلك وتوجد غالباً داخل تكتاوين الحجر الجبرى



## الباب الثالث

### الدراسات والتجارب بالموقع

#### الفصل الأول

##### ١ - الجسات :

تعتبر الجسات أكثر الطرق شيوعاً لفحص التربة بالموقع .  
( أ ) طرق عمل الجسات : انظر الجدول التالى (أ) لطرق عمل الجسات المختلفة وتطبيقاتها .

( ب ) وتوزيع واختبار أماكن الجسات وعددها يتوقف توزيع عدد الجسات والمسافة بينها على نوع المنشأ أو الغرض من الدراسة . ويمكن الاستعانة بالجدول التالى (ب) كمرشد عام لاختيار عدد الجسات ويجب الحرص فى اختيار وتحديد أماكن الجسات .

٢ - القطاعات الجيولوجية: يخطط لأماكن وضع الجسات بحيث يمكن تحديد القطاعات الجيولوجية للموقع بطريقة دقيقة وملائمة للتصميم المراد إعداده . وبالإضافة يلزم اختيار أماكن الجسات فى المناطق واليول المحتمل انهيارها بحيث تغطى تصوراً دقيقاً للقطاع الجيولوجى للتربة للتمكين من إعداد الدراسات المطلوبة سواء الجيولوجية أو الهندسية .

٣ - الطبقات الحرجة: فى الحالات التى تتطلب دراسات تفصيلية لهبوط المنشآت أو اتزان اليول أو دراسات رشع المياه فلا بد من التخطيط لإضافة جستن على الأقل للحصول على عينات غير مقلقة فى الطبقات الحرجة . ولهذا الغرض فإنه يجب إجراء عدد كاف من الجسات الاسترشادية لتحديد الأماكن المثلة لطبيعة التربة لإجراء الجسات النهائية بها بما يحقق الدقة المتوخاه من الدراسة .

٤ - أعماق الجسات: تتوقف أعماق الجسات على حجم ونوع المنشأ المطلوب دراسته كما فى الجدول التالى (ج) كما أن أعماق الجسات تتوقف بدرجة كبيرة على خواص وتتابع الطبقات الموجودة بكل موقع على حدة .

٥ - الجسات التأكيدية: فى المناطق الغير معروف طبيعتها مسبقاً فلا بد من الوصول بجسة واحدة على الأقل إلى عمق كبير بحيث يتم اختراق الطبقة اللازمة للدراسة والتأكد من عدم وجود أية ظروف غير عادية على أعماق كبيرة .

#### جدول ( أ ) يبين أنواع الجسات الميكانيكية

| نوع الجسة<br>طريقة عمل الجسة       | الطريقة المستخدمة للحفر  | حدود الصلاحية  |
|------------------------------------|--|--|
| ١ ) جسات بالخالب :<br>Auger boring | يتم بدفع المثقاب يدوياً أو ميكانيكياً مع إزالة التربة المعلقة بصفة دورية . وفى بعض الأحيان يمكن استخدام المثقاب بصفة مستمرة ورفع مرة واحدة فقط، ويمكن فحص التربة المزالة للتصرف على اختلاف نوع التربة مع العمق، ولا يستخدم القاسون عموماً فى هذه الطريقة ويجب الحرص عند استخدام المثقاب الميكانيكى مع ضرورة تساوى معدل دفع المثقاب الميكانيكى مع | ١ ) تستخدم هذه الطريقة أساساً لفحص السطحي للتربة أعلى منسوب المياه الجوفية وفى التربة الرملية والطميية المشبعة جزئياً بالماء والتربة الطينية اللينة إلى متوسطة .<br>٢ ) وقد تستخدم هذه الطريقة كوسيلة لتنظيف الحفر بين أماكن أخذ العينات وتعتبر هذه الطريقة سريعة جداً إذا ما استخدمت القوة الميكانيكية فى دفع المثقاب . |

| نوع الجسة<br>طريقة عمل الجسة  | الطريقة المستخدمة للحفر   | حدود الصلاحية   |
|---|---|---|
| ٢ مجسات بالثقاب<br>المفرغ<br>Hollow - stem<br>Auger borings                                 | معدل الحفر .<br>ويمكن الحصول على جسات بقطر ١٠ سم في حالة الثقاب اليدوي وتصل إلى ٢٥ سم في حالة الثقاب الميكانيكي .<br>في هذا النوع من الجسات يستخدم الثقاب المفرغ مع الدفع الميكانيكي ويمكن اعتبار الثقاب المفرغ كالقاسون المستخدم لمنع حدوث انبهارات التربة للتمكن من أخذ العينات عند الأعماق الكبيرة .   | ٣ يمكن فحص جدران الحفر الناتجة إذا ما استخدم الثقاب بأقطار كبيرة وقد تنهار جدران الحفر في حالة التربة اللينة والموجودة أسفل منسوب المياه الجوفية .<br>تستخدم هذه الطريقة للوصول إلى أماكن أخذ العينات في التربة سواء كانت عينات مقلقلة أو غير مقلقلة وكذلك الوصول إلى أماكن الحفر الدوار في الصخر من خلال الثقاب المفرغ ولا تعد هذه الطريقة صالحة للعينات غير المقلقلة في التربة الرملية والطينية . |
| ٣ مجسات بالثقيب<br>للحصول على عينات<br>مقلقلة .<br>wash tpe borings<br>for disturbed sample | ويتم في هذه الطريقة تفيت التربة عن طريق ضخ الهواء أو الماء أو سائل الحفر خلال دفع قواطع للتربة bits بحيث تزيل عملية دفع مخلفات القطع من الثقيب ويمكن تحديد اختلاف طبقات التربة من طريق معدل تقدم الحفر وفحص مكونات سائل الحفر . ويمكن استخدام القاسون كلما دعت الضرورة لمنع انهيار الحفرة . وفي هذه الحالة يدفع القاسون أولاً بطول ١,٥ إلى ٣,٠ متر وبقطر ٥ سم إلى ١٠ سم وذلك عن طريق الدق ثم يفرغ القاسون بواسطة لقمة قطع متصلة بأسفل مواسير الحفر وتندفع المياه أو سائل الحفر تحت ضغط من خلال فتحات في لقمة القطع فتؤدي إلى تفيت التربة وحملها إلى أعلى من خلال الفراغ بين القيسون ومواسير الحفر حيث تؤخذ منها العينات . | تستخدم هذه الطريقة في الرمل والزلط والطين والطين اللين إلى صلب ، وتعتبر هذه الطريقة من الطرق الشائعة لفحص التربة ويمكن الوصول بمعدات الحفر إلى الأماكن الصعب الوصول إليها مثل أسطح المياه والأسطح المائلة أو داخل المباني وكذلك التي يصعب الحصول منها على عينات غير مقلقلة .  |
| ٤ الثقيب بالدوران<br>Rotary drilling  | عن طريق دفع دوران قواطع التربة ميكانيكياً بسرعة عالية مع ضخ سوائل الحفر لقطع أو طحن التربة إلى أجزاء صغيرة وإزالة مخلفات الحفر وبدل معدل تقدم الحفر وفحص المخلفات على التغير في طبقات التربة ولا يستخدم القاسون عموماً إلا عند  | تستخدم في جميع أنواع التربة إلا في حالة المقاسات الكبيرة من الزلط ومن عيوب هذه الطريقة صعوبة تحديد التغير في طبقات التربة بدقة عالية ولا تعتبر هذه الطريقة عملية في الأماكن الصعب الوصول إليها نظراً لثقل معدات الحفر وتعتبر من   |

| حدود الصلاحية   | الطريقة المستخدمة للحفر   | نوع الجسة<br>طريقة عمل الجسة                       |
|---|---|--|
| <p>أسرع طرق عمل الجسات ويمكن استخراج عينات من التربة وأسطوانات الصخر حتى قطر ١٥ سم .</p> <p>لا تفضل هذه الطريقة لفحص التربة العادية عند ضرورة الحصول على عينات غير مقلقة نظراً لصعوبة تحديد تغيرات التربة والمقلقة التي تحدث للتربة تحت سطح قواطع التربة . ولكن قد تستخدم هذه الطريقة مع طريقة فحص التربة المتقاب أو الجسات المبللة ، انظر الطريقة رقم ٣ لاختراق طبقات الزلط والكتل الصخرية والتكوينات الصخرية وتفضل هذه الطريقة في حالة وجود فراغات أو مناطق ضعيفة في الترسبات الصخرية .</p> | <p>السطح في بعض الأحيان ويمكن الحصول على عينات مقلقة وغير مقلقة من التربة على الأعماق المختلفة باستخدام أسطوانات أخذ العينات وتتراوح أقطار الجسات غالباً ٥ سم إلى ١٥ سم وقد تصل في بعض الأحيان إلى أكثر من متر .</p> <p>يمتد عن طريق تغتيت التربة بواسطة تكرار رفع وإسقاط لقمة حفر ثقيلة مع استخدامه كمية محدودة جداً من الماء لتكوين خليط خفيف القوام في قاع الحفرة ثم يتم سحب خليط التربة والماء بصفة مستمرة بالبلب ( bailer ) أو طلمبة رمل sand pump وفي هذه الطريقة يستدل على تغيرات التربة عن طريق معدل تقدم الحفر وصعوبة إنزال أدوات الحفر أو من فحص ناتج الحفر ويستخدم القاسون بصفة عامة فيما عدا في الأرض الصخرية .</p> | <p>٥ ( الحفر بالدق :<br/>Percussion drilling</p>   |
| <p>تستخدم هذه الطريقة في أعمال الجسات لحفر الصخر والتربة الركامية ذات المقاسات الكبيرة . وللحصول على عينات في الصخور الضعيفة أو المشتقة فإنه يفضل استخدام أقطار داخلية للأسطوانات أكبر من ٥ سم .</p>  | <p>يمتد عن طريق دوران قواطع مجهزة بأسطوانة ( barrel ) لقطع وأخذ عينات في الصخر حيث تندفع سواحل الحفر من خلالها أثناء القطع للتبريد ودفع مخلفات الحفر أعلى الحفرة ويستخدم القاسون عموماً للتبريد ودفع مخلفات الحفر إلى الحفرة ويستخدم القاسون عموماً مع هذا النوع من الحفر . ومن الطرق الأكثر شيوعاً للحفر في الصخر هي باستخدام لقمة حفر من الماس أو الكريد تتصل بأسفل أسطوانة أخذ العينات Barrel وأثناء الحفر تدار كل من الأسطوانة ومنها إلى لقمة الحفر للتبريد ولدفع مخلفات الحفر أعلى الحفرة ومع تقدم الحفر يتم دخول عينة الصخر داخل الأسطوانة .</p>  | <p>٦ ( الحفر في الصخر :<br/>Rock core drilling</p> |

## الفصل الثاني

### جدول (ب) يبين متطلبات تحديد عدد الجسات بالمواقع المختلفة

| مناطق البحث   | تخطيط الجسات   |
|---|--|
| المواقع العمرانية الجديدة                           | تخطط الجسات الميدانية في المناطق الغير مستوية بحيث تبعد عن بعضها مسافات بين ٦٠ إلى ١٥٠ متر ويجب أن تكون المساحة المحصورة بين أى أربع جسات حوالى ١٠٪ من المساحة الكلية وفى حالة الأبحاث التفصيلية يزداد عدد الجسات للحصول على قطاعات جيولوجية دقيقة ، أما فى المناطق المستوية أو ذات الميل البسيط يمكن توزيع الجسات على شبكة من ٣٠٠ × ٣٠٠ متر إلى ٤٠٠ × ٤٠٠ متر . |
| المواقع المحصورة على طبقات رخوة قابلة للانضغاط      | المسافة بين الجسات من ٣٠ إلى ٦٠ متر عند أماكن المنشآت المحتملة وتضاف جسات عند المنشآت بعد تحديد أماكن هذه المنشآت .  |
| المنشآت الكبرى وذات الأساسات السطحية المتقاربة      | يتم اختيار الجسات بحيث تبعد عن بعضها من ١٥ إلى ٢٠ متر فى كلا الاتجاهين وبحيث يمكن تحديد قطاع جيولوجى دقيق على مسار أساسات المنشأ .   |
| المنشآت الخفيفة وذات المساحات الكبيرة مثل المخازن . | يتم اختيار أربع جسات على الأقل عند أركان المنشآت بالإضافة إلى جسات داخلية عند أماكن الأساسات المحتملة وبحيث تكون كافية لتحديد قطاع التربة . بحيث لا تقل عدد الجسات عن جسة لكل ١٠٠٠ متر مسطح .  |
| السدود وخزانات المياه                               | يتم اختيار الجسات بحيث تكون بينها فى حدود من ٦٠ إلى ١٠٠ متر فى مناطق الأساسات ونقل للمسافة بين الجسات عند خط منتصف المنشأ أو تصحيح حوالى ٣٠ متر ، وتوزع الجسات عند مناطق التحميل والدعامات ومخارج المياه .   |
| الحد الأدنى للجسات                                  | يمكن عمل جسة كل ٣٠٠ متر مسطح بحيث لا تقل عن جستين لكل موقع .   |

## جدول (ج) يبين متطلبات تحديد أعماق الجسات

| مناطق البحث                                    | أعماق الجسات   |
|--|--|
| المنشآت الكبرى وذات الأساسات السطحية المتقاربة | تحدد أعماق الجسات بحيث تصل إلى العمق الذي يصبح عنده الزيادة في الإجهاد الرأسى الناتج من المنشآت أقل من ١٠٪ من وزن عمود التربة المؤثر . وعموماً فلا بد من ألا يقل عمق الجسات عن ١٠ متر إلا في حالة ظهور الصخر على أعماق سطحية وضمان استمراره .  |
| الأساسات المنفصلة                              | تحدد أعماق الجسات بحيث تمتد أعماق تلك الجسات إلى أن يقل الإجهاد الرأسى داخل التربة عن ١٠٪ من قيمة إجهاد التأسيس ويجب ألا يقل أعماق الجسات عن ١٠ متر من أقل منسوب بالموقع إلا إذا ظهرت طبقات صخرية عند أعماق سطحية فيتم النزول في طبقات الصخر المتجانسة لعمق ٣ متر مع ضرورة التأكد من وجود فجوات أو تشققات داخل هذه الطبقات الصخرية من عدمه .             |
| الحواطط الطولية والأرصفة                       | يتم تعميق الجسات من ٠,٧٥ إلى ١,٥ مرة الارتفاع الحر من الحائط أعمق من منسوب الأرض أمام الحائط وعندما تدل طبقات التربة على ضرورة دراسة الأثران العميق فلا بد من الوصول ببعض الجسات إلى الطبقات اللازمة لإتمام الدراسة .  |
| دراسة اتزان الميول                             | لا بد من النزول بأعماق الجسات إلى مستوى أقل من مستوى سطح الانهيار المحتمل وحتى الوصول إلى طبقات الصلبة أو الوصول إلى الأعماق التى لا يمكن حدوث انهيار عندها .  |
| الحفر العميق                                   | يجب النزول بالجسات إلى عمق ٣ - ١ إلى مرة عرض الحفر المسنود أو المفتوح وفى حالة إذا ما كان قاع الحفر أعلى من منسوب المياه الأرضية وفى التربة متزنة فيمكن الوصول بأعماق الجسات من ١,٥ إلى ٢,٥ متر أعمق من منسوب قاع الحفرة على الأقل . وفى حالة إذا ما كان منسوب قاع الحفر أوطأ من منسوب المياه الأرضية فلا بد من الوصول إلى نهاية الطبقات المنفذة للماء . |
| الجسور   | يجب تحديد أعماق الجسات بحيث تزيد من نصف إلى مرة وربع الطول الأفقى لأسطح الميول في الطبقات المتجانسة . وفى حالة ظهور الطبقات الرخوة فلا بد من الوصول إلى الطبقات الصلبة .   |
| السدود وخزانات المياه                          | يجب الوصول بأعماق الجسات إلى نصف عرض قاع السدود الترابية أو من مرة إلى مرة ونصف وارتفاع السدود الخرسانية في الطبقات المتجانسة ويمكن إنهاء الجسات بعد اختراق الطبقات الغير منفذة للماء مسافة من ٣ إلى ٦ متر إذا استمرت هذه الطبقات بأعماق كبيرة .   |



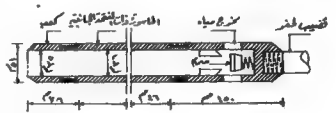


## الفصل الأول

### أنواع الاختبارات

#### أولاً اختبار الاختراق القياسي :

ظهر هذا الاختبار حوالي ١٩٢٧ وقد تم تطويره عن طريق شركة - رايموند كما تم نشر تفاصيله في كتاب ترزاكي وبك ١٩٤٨ (Terzaghi and Peck 1948) ويستخدم هذا الاختبار منذ حوالي ٦٠ سنة في جميع أنحاء العالم وهو بذلك أكثر التجارب الحقلية استخداماً على الإطلاق وهو في المقام الأول عبارة عن اختبار ديناميكي حيث تدق - الماسورة (المعلقة القياسية) (standard sampler) كما في الشكل التالي لأخذ العينات التي تخترق التربة بواسطة الدق بمقداره ٦٢,٥ كجم يسقط من ارتفاع حر مقداره ٠,٧٦ متر حتى يتم اختراق التربة لمسافة ٣٠ سم عند العمق المراد فحصه . وتسمى عدد الدقات اللازمة لاختراق هذه المسافة بمقاومة التربة للاختراق ( ن ) هذا بالإضافة إلى أن المعلقة تسمح باستخراج عينات مقلقة للتربة عند العمق المراد فحصه مما يتيح تصنيف التربة .



شكل رقم ١ - ماسورة أخذ العينات ذات الفتحة المثلثية (المعلقة)

#### الإعداد للاختبار :

يجري هذا الاختبار داخل الجسوة وعلى ذلك يكون عمل الجسات وتجهيز الحفرة هما جزء من هذا الاختبار .

٣ - الحفر : يتم الحفر حتى العمق المراد فحصه وذلك باستخدام طرق عمل الجسات المذكورة بالجدول السابق (١) مع

مراعاة ما يأتي :

١ - في حالة الحفر بالفسيل يجب استعمال لقمة حفر ذات ضحكات جانبية للمياه ولا يسمح باستخدام لقم الحفر ذات ضحكات سفلية .

٢ - عند استخدام طريقة الماسورة والبريمة في الحفر shell and auger يجب ألا يتعدى قطر لقمة الحفر ٩٠٪ من القطر الداخلي لماسورة الجس ( القيسون ) أو قطر الحفرة في حالة عدم استخدام القاسون لسند الجوانب .

٣ - يجب استخدام مواسير أو طين حفر ( بتونيت ) في حالة التربة القابلة للانهيار .

٤ - يتراوح قطر الحفر بين ٦٠ سم إلى ٢٠٠ سم كحد أقصى وتفضل الأقطار الصغيرة أو بصفة عامة يجب أن يكون معدلات الحفر مناسبة لعمل حفرة نظيفة نسبياً حتى يتم الاختبار على التربة غير مقلقة بقدر الإمكان .

٤ - تجهيز الحفرة :

أ - يجب تنظيف الحفرة بدقة عند منسوب الاختبار كما يجب أن تكون التربة عند هذا المنسوب غير مقلقة .

ب - يجب المحافظة على منسوب المياه في الحفرة بحيث يكون مساوياً لمستوى المياه الجوفية ( أو أعلى قليلاً لتفادي أية ضغوط هيدرومترية ) وذلك لتفادي فوران الرمل في الحفرة .

ج - يجب سحب أجهزة الحفر ببطء لتفادي إضعاف التربة ( Loosening ) .

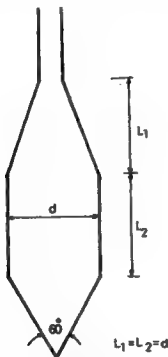
د - في حالة الحفر داخل القاسون فإنه يجب عدم إنزال هذه المواسير تحت منسوب الاختبار .

المعلقة القياسية ( standard spoon ) .

تتكون المعلقة القياسية من أجزاء ثلاثة متصلة ببعضها ولها الأبعاد المبينة في الشكل السابق حيث القطر الخارجي ٥١ سم (  $\pm ١$  ) والحد الأدنى لطول الجزء الأوسط ٤٥٧ سم ويتصل بالجزء الأوسط عند طرفه الأسفل كعب ( لقمة الحفر ) طوله ٧٦ سم وعند طرفه العلوي بوصلة لتثبيت المواسير ويكون القطر الداخلي ٣٥ سم (  $\pm ١$  ) ويمكن زيادة القطر الداخلي إلى ٣٨,١ سم على أن يغلف من الداخل بغشاء بسبك ١,٥ مم .

## أ - تجربة الاختراق بالخرطوم الديناميكي :

الخرطوم الديناميكي جهاز خفيف صغير الحجم ويصلح للاستخدام بصفة خاصة في المساحات الكبيرة . وقد استخدم هذا الجهاز أصلاً لاختبار جودة دمك التربة غير المتناسكة ( الرملية ) ويستخدم حالياً لتحديد منسوب الطبقات - ومقاومتها وكذلك خواص التربة مع العمق عند مكان الاختبار كما يستخدم في تصميم الأساسات الخازوقية وحساب قوى تحمل الأساسات السطحية وفي هذه التجربة يتم دق خرطوم مثبت في نهاية قضبان معينة وذلك بمطرقة ذات وزن وسقوط محددتين . وتكون جهاز الاختراق الديناميكي من رأس مخروطية الشكل من الصلب المقوى بزلوية رأس قدرها ٦٠ كما في الشكل التالي حيث إن قطر الخرطوم الخفيف ٢٥,٦ مم وأما الخرطوم الثقيل قطره ٤٣,٧ مم والمتوسط قطره ٣٥,٦ مم .



أبعاد الرأس الزلزلي لجراد دوغترام ديناميكي

## ب - اختبار الخرطوم الاستاتيكي ( الخرطوم الهولندي ) .

الفرض من هذا الاختبار هو تحديد مقاومة الاختراق الناشئة من الدفع الرأسى لخرطوم مثبت في نهاية قضبان داخل التربة المراد اختبارها ويعرف أحياناً بالخرطوم الهولندي وتستخدم نتائجه في تحديد مقاومة التربة الطينية وفي تصنيف التربة كما يستخدم كمعيار في تصميم الخوازيق وحساب قوى تحمل التربة وهبوط الأساسات .

يجب أن تكون لقمة الحفر من الصلب المقوى ومعدة بقلوط بحيث يمكن استبدالها عند اللازم ويجب ألا يسمح لها بأى انتشاعات كما يجب أن تكون حافتها مشطوفة وليست حادة . ويمكن استخدام خرطوم (٦٠) من الصلب بدلاً من هذه القطعة لاستخدامه في التربة الزلطية .

ويجب أن يكون الجزء الأوسط لمسورة الحفر من الصلب بحيث تسهل صيانته ومراقبته ويجب أن تحتوي الوصلة العلوية على أربعة فتحات بقطر ١٣ مم لخروج الهواء أو الماء أثناء الدق كما تحتوي على صمام صلب ٢٥ مم لفلق فتحة لا يقل قطرها عن ٢٢ مم . كما في الشكل السابق .

## ثانياً : اختبار الدق : Penetration test :

يتم إززال الملقة حتى نهاية الحفرة وتسجل المعلومات التالية :

- ١ - قطر وطول القضبان المستخدمة .
- ٢ - العمق حتى نهاية الحفرة .
- ٣ - منسوب المياه ( أو طين الحفر ) في الحفرة .
- ٤ - نوع الحفرق وهل هو ملقة قياسية أو ماسورة تنبى بمخروط .
- ٥ - طراز القضبان ( الوزن للمتر الطولي ) .
- ٦ - مقدار اختراق الجهاز في التربة تحت تأثير وزنه ووزن القضبان ( إذا وجد ) .
- ٧ - طراز المطرقة .

ب - دق الملقة يتم على مرحلتين : في المرحلة الأولى يتم اختراق ١,٥ متر بما فيها المبوط نتيجة الأوزان الذاتية وإذا لم يتحقق ذلك بعد ٥٠ دقة فيجب التوقف . وفي المرحلة الثانية يتم اختراق ٣,٣٠ متر ويكون عدد الدقات اللازمة لذلك هي مقاومة الاختراق المطلوبة ( ن ) وفي حالة زيادة ( ن ) عن ١٠٠ ( في حالة استخدام الخرطوم ) أو عند ٥٠ ( في حالة استخدام الملقة ) فيجب إيقاف التجربة ويجب ألا يتعدى معدل الضرب بالمطرقة ٣٠ دقة في الدقيقة ويتم تسجيل عدد الدقات لكل ١,٥ متر عمق .

## ثالثاً : تجربة الاختراق بالخرطوم :

تجارب الاختراق بالخرطوم من التجارب الشائعة في مجال ميكانيكا التربة وهناك العديد من هذه التجارب وفي هذه الملاحظات - يقتصر على ذكر تجربة الاختراق بواسطة الخرطوم الديناميكي والخرطوم الاستاتيكي المعروف باسم الخرطوم الهولندي .

بعض الحالات الخاصة إلى ١٠٠م كما في الشكل التالى

المعدات :

أ - يتحدد الاختبار على الدفع إلى أسفل المخروط من الصلب له زاوية رأس مقدارها ٦٠ درجة وقطر ٣٥,٧ سم ليعطى مقطع لمساحة قاعدته مقدارها ١٠سم<sup>٢</sup>.

ب - يتصل المخروط بقضبان من الصلب بقطر ١٥م وهذه القضبان تنزل داخل مواسير خارجية من الصلب ذات جدران سميكة وتسمى بقضبان الدفع بحيث يتراوح الخلوص بينهما من ٠,٥ إلى ١م ويجب أن يكون القطر الخارجى لقضبان الدفع مساوياً لقطر المخروط ٣٥,٧م وذلك لمسافة ٤٠م على الأقل من أعلى قاعدة المخروط أو ٢,٢م من أعلى أكام الاحتكاك كما يلاحظ تساوى أطوال كل من قضبان الدفع والقضبان الداخلية.

ج - يوجد طرازان أساسيان لهذه المعدات هي :

١ - مقدمة اختراق تلسكوبية ميكانيكية .

٢ - جهاز اختراق كهربائى ومقاييس انفعال كهربائية مثبتة فى مقدمة غير تلسكوبية لقياس معاملات مقاومة الاختراق .

د - تم تصميم المخروط من النوع الميكانيكى على أساس قياس قوة تحمل التربة والسماحة بمقاومة الاختراق  $F_c$  كما يمكن قياس الاحتكاك الجانبي المعرض إليه المخروط عند منسوب الاختبار  $F_s$  وذلك بالإضافة ما يسمى بأكام الاحتكاك الإضافية (مساحة سطحها ١٥٠سم<sup>٢</sup>) ويعرف هذا الطراز بمخروط الاختراق الاحتكاكي ، وتقاس هذه المعاملات عند سطح الأرض بواسطة أجهزة قياس مناسبة كهربائية أو ميكانيكية .

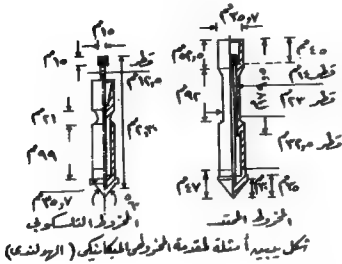
خطوات إجراء الاختبار :-

أ ( مخروط الاختراق الميكانيكى :

١) يتم دفع القضبان (قضبان الدفع) والمتصلة بجهاز الاختراق فى التربة وحتى منسوب الاختبار .

٢) يتم دفع المخروط استاتيكيًا بمعدل ٢٠م/ثانية بواسطة القضبان الداخلية لمسافة لا تقل عن ٣٠,٥م ويتم قياس مقاومة الاختراق  $F_c$  أثناء الحركة الاستاتيكية للقضبان الداخلية بالنسبة إلى قضبان الدفع (القضبان ثابتة عند عمق الاختبار فى هذه الحالة) .

٣) يتم تحريك قضبان الدفع لأسفل حتى تتلامس مع القاعدة المخروطية ويأخذ الجهاز شكله التلسكوبي ثم تدفع المجموعة حتى منسوب اختبار جديد ثم يعاد إجراء الاختبار كما سبق ذكره على ألا تزيد المسافة بين منسوبي الاختبار عن ٢٠٠م وقد تصل فى

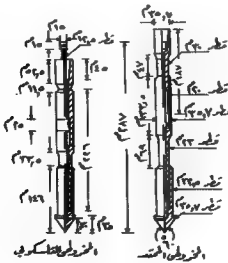


شكل بييمية أمثلة مقدمة مخروط التلسكوب (البرونزى)

ب ( مخروط الاختراق الاحتكاكي :

١) يمثل هذا الاختبار اختبار مخروط الاختراق غير أنه يقاس مقاومتين بدلاً من مقاومة واحدة أثناء دفع المخروط .  
٢) نحصل أولاً على مقاومة الاختراق  $F_c$  أثناء المرحلة الأولى من الاختبار كما هو موضح بالخطوات ١ ، ٢ من الطريقة السابقة .

٣) عند وصول طرف المخروط إلى أقصى عمق له يتم سحب أكام الاحتكاك معه عند دفع القضبان الداخلية ويتم قياس المقاومة الكلية للمخروط وأكام الاحتكاك ثم يتم حساب مقاومة احتكاك - الأكام  $F_s$  وذلك بطرح قيمتى المقاومة كما فى الشكل التالى

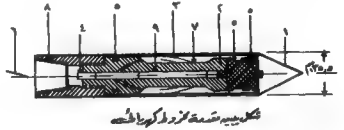
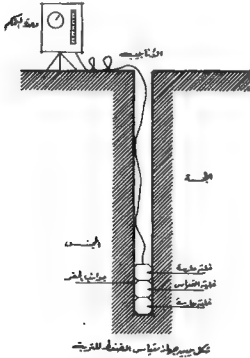


شكل بييمية أمثلة مقدمة مخروط الاحتكاك ميكانيكى

### ج) مخروط الاختراق الكهربائي :

- (ب) أقصى إجهاد قص للتربة لحساب قوة تحمل التربة .  
 ج) الإجهاد الأقصى الكلي  $\sigma_{ho}$  لحساب معاملات ضغط التربة عند السكون لحساب ضغوط التربة الأفقية اللازمة لكافة التصميمات الهندسية .  
 د) ضغط المياه في الفراغات الذي يتولد نتيجة تمدد الفجوة نتيجة لإجراء التجربة وقيم هذا الضغط تستخدم في العديد من التطبيقات خاصة لإيجاد قيم معاملات التدعيم مثل المعاملات  $C_p$  &  $m_p$  للتربة الطينية .
- المعدات : تتكون جميع أنواع أجهزة مقاييس ضغط التربة من ثلاثة أجزاء رئيسية كما في الشكل التالي وهي الجبس Probe ووحدة التحكم Control unit والأنابيب Tubing والفرق الأساسي بين الأنظمة والأشكال المختلفة هي في مفهوم وعمل الجبس .

- ١) مقدمه مخروطية (١٠سم<sup>٢</sup>) .
  - ٢) خلية أحمال .
  - ٣) غلاف حامي .
  - ٤) جلبة مائتة للمياه .
  - ٥) حلقات .
  - ٦) كابل .
  - ٧) مقاييس انفعال .
  - ٨) اتصال بالقضبان .
  - ٩) مقياس المول - انكولونومتر .
- أ) تسجل القراءات الابتدائية ورأس المخروط معلقاً تعليقاً حراً في الهواء بعيداً عن أشعة الشمس .  
 ب) تسجل مقاومة الاختراق وكذلك مقاومة الاحتكاك وباستمرار مع العمق أو تسجل القراءات كل مسافة لا تزيد عن ٢٠٠ م .  
 ج) يجب التأكد بعد انتهاء الاختبار من القراءات الابتدائية كما في الشكل التالي



### طريقة مقياس الضغط للتربة :

مقدمة : مقياس الضغط للتربة عبارة عن تجربة تحميل استاتيكي تم في الموقع داخل حفرة وذلك بواسطة جبس أسطوانى وتستخدم هذه التجربة بكثرة - خاصة في أوروبا منذ ١٩٦٠م ومقاييس ضغط التربة المختلفة المستعملة حالياً هي :

أ) المقياس الاعتيادى : The standard pressuremeter

ب) مقياس ضغط التربة ذاتي الحفر : Self boring pressuremeter

أ) الجبس : يتكون الجبس من جسم أسطوانى مكون من ثلاثة خلايا مستقلة وعلى استقامة واحدة وتغطي هذه الخلايا بغشاء مطاطى . وتسمى الخلية المتوسطة خلية القياس وتسمى الخليتان الأخرتان بالخليتين الحارستين اللتين تتضمنان حالة الانفعال ذاتى مستوى واحد للخلية المتوسطة وتعرضان لنفس الضغط التى تعرض له خلية القياس واستخدام مقياس ضغط ذو خلية واحدة يعتبر خطأ نظراً لتعرض هذه الخلية لتأثيرات الحدود End-effects التى تؤثر في القياسات .

ويتيسر هذا الاختبار معاملات الإجهاد والانفعال في التربة في حالة الانفعال ذاتى المستوى الواحد stress-strain parameter in plane-strain conditions ويمكن استخلاص المعاملات الآتية بصفة خاصة من هذا الاختبار :

١) معامل مقياس الأنفعال : pressuremeter deformation modulus ويرمز له  $E_p$  الذى يعبر في الواقع عن مرونة التربة والذى يستخدم لحساب قيم الهبوط الرأسى والأقصى الفورية وكذلك عديد من القيم الأخرى المطلوبة .

## (ب) وحدة التحكم في الضغط والحجم :

تستخدم في الحفر البريمة المستمرة أو يتم الحفر بالكور Core drilling مع استخدام طين الحفر (البنتونيت) .

(ب) الطريقة الثانية (دفع الجبس هيدروليكيًا أو مباشرة من سطح الأرض حتى المنسوب المطلوب للتجربة Jacking or direct insertion. تستخدم هذه الطريقة غالباً في التربة الغير متاسكة ذات الحبيبات الكبيرة الحجم نسبياً كالرمل الحرش والزلط نظراً لصعوبة عمل حفرة بالكفاءة المطلوبة .

وفي هذه الحالة تم وحماية الجبس بواسطة أنبوبة (غلاف) ذات فتحات تتصل من أعلى بمواسير الحفر ويتم الحفر ويتم نفخ الجبس داخل الأنبوبة ذات الفتحات بحيث يتم قياس قوتها قبل الإدخال في التربة .

(ج) الحفر الذاتي للمجس : كما في الشكل التالي : self-boring probe

إنزال الجبس وهو مزود عند نهايته السفلية بماسورة أخذ العينات ذات جدران قليلة السمك وذلك بمعدل ثابت يتم قفلته التربة بواسطة مطحنة grinder خاصة بحيث تدفع هذه التربة (وهي في حالة معلقة (Suspension) من داخل الجهاز ولأعلى) .

ثبتت هذه الوحدة على سطح الأرض بجوار الجسة (الحفرة) ومهنتها التحكم ومراقبة وتسجيل انتفاش الجبس . ويكون مصدر الضغط عبارة عن أسطوانات من الغازات المضغوطة ويتم مراقبة وتسجيل سريان المياه لخلية القياس بواسطة أسطوانة ملوحة تسمى بمقياس الحجم volumeter ويتم التحكم في الضغط على مقياس الهجوم بواسطة منظم للضغط يتم قراءته بواسطة مقياس للضغط Pressure gauge ذو حساسية مناسبة . كما يمكن قياس قطر الجبس بواسطة مقاييس انفعال كهربية Electrical transducers

(ج) الأنابيب : تصل الأنابيب ما بين وحدة التحكم - على سطح الأرض - والجبس عند منسوب الاختبار في الحفرة وذلك لتوصيل المياه والغازات بينهما .

## طريقة وضع الجبس في التربة :

يمكن وضع الجبس في التربة بإحدى الطرق التالية :

- (١) بواسطة وضعه في المنسوب المطلوب بعد عمل الحفرة .
- (٢) بواسطة دفعه من أعلى مباشرة حتى المنسوب المطلوب .
- (٣) بواسطة الجبس ذاتي الحفر كما في الشكل التالي

## الطريقة الأولى (وضع الجبس بعد عمل الحفرة) :

## Preboring

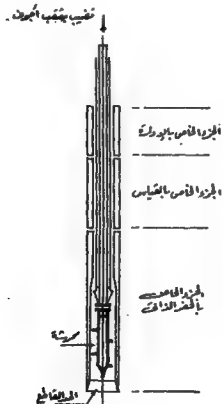
عمل الحفرة يعتبر جزء أساسي ومهم من تجربة مقياس الضغط وتؤثر جودة عمل الحفر تأثيراً كبيراً على دقة النتائج وصحتها . ويجب المحافظة على تلامس الجبس مع جوانب الحفرة أثناء إجراء التجربة باستمرار . ويجب اتباع النصائح التالية للحصول على أفضل النتائج لأنواع التربة المختلفة :

(١) في حالة الطين الذي يتراوح قوامه من الطرى جداً حتى الجامد يتم الحفر بالبريمة اليدوية بطريقة جافة وبدون استخراج للعينات منعاً للقلقلة .

(٢) في حالة الطين ذو القوام الجامد أو الجامد جداً يتم الحفر المستمر بالبريمة المستمرة Continuous flight auger كما يجب مراعاة لف البريمة في نفس اتجاهها في الحفر عند سحبها لأعلى ببطء .

(٣) في حالة الرمل يتم الحفر باستخدام قطعتي الحفر المسماة بالقطعة ذات المقدمة المفلطحة Blunt nose drill ويستخدم طين الحفر (البنتونيت) في هذه العملية .

(٤) في حالة الصخور الضعيفة والمتعرضة لعوامل التعرية



شكل يبين الجبس ذاتي الحفر

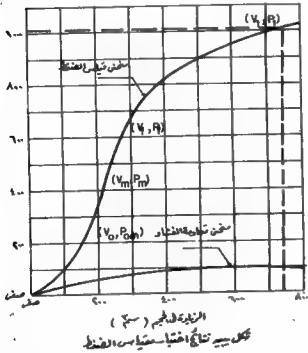
## طريقة إجراء التجربة

الضغوط الأساسية : يمكن تحديد قيم ثلاث ضغوط أساسية لطبقة التربة المختبرة .

( أ ) الجزء الأول : في الجزء الأول من المنحنى يزداد حجم الجبس بزيادة الضغط حتى تصل قيمة الضغط إلى  $P_{om}$  وهي تساوى نظرياً قيمة الإجهادات الأفقية الموجودة أصلاً بالتربة قبل الحفر  $P_{ho}$  وعندما يكون حجم السائل بالجبس مساوياً  $V_o$  حيث  $(V_o = V_c + V_g)$

وتعتبر النقطة  $P$  ذات الإحداثيات  $(V_o, P_{om})$  نهاية تلك المرحلة وهذا الجزء لا يظهر في حالة الجبس ذاتي الحفر .

( ب ) الجزء الثاني : بزيادة قيمة الضغط عن  $P_{om}$  يحدث زيادة في الحجم تتناسب خطياً مع الزيادة في الضغط وتعتبر ممثلاً للتحميل المرن أو شبه مرن ، وتنتهي تلك المرحلة الخطية .  
أ ب ) عندما يصل قيمة الضغط إلى ضعف الزحف  $P_f$  كما في الشكل التالي



( ج ) الجزء الثالث : بزيادة قيمة الضغط عن  $P_f$  يحدث زيادة سريعة في الحجم معبرة عن حدوث انهيارات حول الجبس وتسمى المرحلة بالمرحلة اللدنة ومع زيادة الضغط يقترب المنحنى من ضغط ثابت asymptotic limit يعرف بالضغط الحدى (limit pressure  $P_l$ ) وهو الضغط اللازم لمضاعفة الحجم الأصل للفقوة  $2V_o$  وفي كثير من الأحيان لا يمكن الوصول إلى قيمة الضغط الحدى  $P_l$  مباشرة وذلك نظراً لأن

( أ ) إعداد الجبس : قبل وضع الجبس في مكان التجربة يجب عمل الخطوات الآتية :

( ١ ) يجب تشيع الأنابيب ووحدة التحكم وخلية قياس ضغط المياه في الفراغات والعمل على سريان المياه بهم للتخلص من كافة فقاعات الهواء .

( ٢ ) يجب نفخ الجبس بالضغط في الهواء عدة مرات للتحقق من أن قوة غشاء الجبس ثابتة وذلك لمعايرة هذا الغشاء .

( ٣ ) يتم ضبط مقياس الحجم بحيث تكون القراءة صفراً عندما يكون حجم الجبس هو الحجم القياسي المبدئي .

( ب ) الاختبار :

( ١ ) في قياس الضغط العادي ( أو القياسي ) يتم الاختبار بزيادة الضغط في الجبس على فترات ثابتة بحيث يتعرض الجبس لقيمة ضغط ( أو قيمة إجهاد ) ثابتة ومستقرة لمدة دقيقة واحدة .  
( ٢ ) ويتم قياس ومراقبة التغير في حجم الجبس بواسطة قياس سريان المياه لداخل الجبس بعد مضي ١٥ ثانية ثم ٣٠ ثانية ثم دقيقة واحدة .

( ٣ ) زيادة الضغط في الجبس على مراحل يتراوح عددها بين ٨ : ١٤ وبذلك يستمر الاختبار من حوالى ١٠ دقائق إلى حوالى ١٥ دقيقة .

( ٤ ) ويحذر الاختبار متنبهاً عندما تضخ كل المياه الموجودة في مقياس الضغط إلى الجبس ( أى إلى خلية القياس بالجبس ) أو عند الوصول إلى مستوى الضغط المطلوب .

( ٥ ) يستحسن إجراء الاختبار على أعماق كل حوالى ١ متر للحصول على تقييم جيد للطبقة .

التصحيجات :

( أ ) يجب تصحيح نتائج الاختبار بحساب فواقد الضغط والحجم التي تحدث في أجزاء المقياس المختلفة .

( ب ) يجب تصحيح مقدار الضغوط التي يتعرض لها الجبس ، حيث إن مؤشر مقياس الضغط يشير إلى مقدار أقل من الضغط الحقيقي على الجبس وذلك نتيجة الضغط الهيدروستاتيكي داخل الأنابيب .

( ج ) يكون حجم المياه المسجل في مقياس الحجم  $V_o$  أكبر من حجم الجبس الفعلي نتيجة تمدد الأنابيب .

( د ) توقع النتائج بعد تصحيحها - على هيئة منحنى حجوم - ضغوط كاللين في الشكل التالي ويوقع على نفس المنحنى معايرة الجبس لإجراء التصحيح اللازم بسهولة .

كما يمكن استخدام قيمة الضغط الحدى لتحديد مقدار تحمل التربة للإجهادات ، وذلك لتصميم الأساسات السطحية والعميقة باستخدام العلاقة :

$$q_u = \frac{(P_1)_{net}}{K}$$

حيث :

$$P_{om} - P_1 = (P_1)_{net} = q_u \text{ إجهاد التحميل الصافي .}$$

$$K = \text{معامل قدرة التحميل .}$$

في حالة الأساسات السطحية تكون قيمة K تقريباً ٣ بينما في حالة الأساسات العميقة تكون تقريباً ١ .  
ويمكن تحديد قيمة مقاومة الاحتكاك على وجه التقريب على جوانب الخوازيق باستخدام .

$$f = \frac{(P_1)_{net}}{20}$$

### الفصل الثاني

اختبار تحميل التربة ( لوح التحميل ) Plate loading test  
تعتبر تجربة التحميل من أنسب التجارب لتقدير قوى تحمل التربة المتجانسة ومقدار الجيوب خاصه التربة التي يصعب استخراج عينات سليمة واختبارها كالرمال والطين المشقق fissured clay  
يعتبر هذا الاختبار هو الاختبار الأمثل لاستخراج المعامل (K) (معامل رد فعل طبقة الأساس) وذلك لاستخدامه في التصميمات في مجال هندسة الأساسات والطرق والمطارات .

معدات الاختبار :

أ) يتكون جهاز التحميل من مصطبة من الخشب المثبت - أو من المعدن للتحميل المباشر ( كما في الشكل التالى ) (أ) أو عبارة عن إطار يربط بمخطافات تثبت داخل التربة anchors مع جهاز تحميل هيدروليكي كما في الشكل التالى (ب) ويجب أن يكون جهاز التحميل الهيدروليكي مصمماً بحيث تتم عملية التحميل وإزالة الحمل على مراحل وأن يكون مجهزاً بمقياس انفعال ذات معايرة دقيقة لتقدير أحمال التجربة في مختلف مراحلها ويجب ألا تكون المسافات بين المخطافات أقل من ٨ مرات قطر لوح التشغيل .

ب) يتكون لوح التحميل في العادة من مربع طول ضلعه ٣٠ سم على الأقل أو مستدير بقطر ٣٠ سم أيضاً ويسمك ٢٥ سم .

كمية السائل بالجهاز محدودة وفي هذه الحالة يمكن حساب قيمة الضغط الحدى باستخدام قيمة ضغط الزحف علماً بأن العلاقة التجريبية التى تربط بينهما هى

$$0.75 < \frac{P_f}{P_1} < 0.5$$

ويحدد معامل مقياس الانفعال للتربة  $E_p$  من الجزء الخطي بالمنحنى للشكل السابق باستخدام العلاقة

$$E_p = 2(1 + \nu) (V_c + V_m) \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

حيث :

$\frac{\Delta P}{\Delta V} =$  ميل الجز الخطي من المنحنى .  
 $V_m =$  حجم السائل المتدفع في الجبس عندما يكون الضغط مساوياً  $\frac{P_{om} + P_f}{2}$   
 $V_c =$  حجم الخلية الوسطى عندما يكون قراءة مقياس الحجم صفر .

$\nu =$  نسبة بواسون وتكون مساوية ٠,٣٣ وفي هذه الحالة تساوى  $E_p = E_m$   
 $E_m$  معامل المرونة طبقاً لمينارد . menard  
طريقة عرض النتائج :

تعرض نتائج لمقياس الضغط للتربة على شكل منحنيات توضح التغير في العمل مع معامل مقياس الانفعال  $E_p$  وقيمة ضغط الزحف  $P_f$  وقيمة الضغط الحدى  $P_1$  هذا ويفضل إجراء الاختبار كل متر حتى يمكن معرفة نوع وخواص الترسب الذى يجرى خلاله الاختبار .  
تسجيل المعلومات لكل اختبار .

أ) الموقع ورقم الجسة والعمق الذى تم عنده إجراء الاختبار .  
ب) تسجيل نوع الجهاز المستخدم .  
ج) تحديد قطر الجسة في حالة المقياس الاعتيادى مع تحديد طريقة الحفر المستخدم وكيفية سند جوانب الحفر .  
ويمكن تصنيف التربة باستخدام النسب بين قيم الضغط الحدى ومعامل مقياس الانفعال كما على :

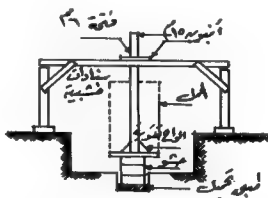
| نوع التربة                      | النسبة $E_p / P_1$ |
|---------------------------------|--------------------|
| رمل مشبع سائب جداً إلى سائب     | ٧-٤                |
| رمل مدمسوك                      | ١٠-٧               |
| تربة طينية لينة إلى متساكنة     | ١٠-٨               |
| تربة طينية جامدة إلى جامدة جداً | ٢٠-١٠              |
| اللويس                          | ١٥-١٢              |

(ج) كما يمكن في حالة استخدام المقاسات المترية استخدام لوح (٧٠,٦ سم × ٧٠,٦ سم) .

حيث مسطحه ٢/١ متر مربع وذلك لسهولة حساب الإجهادات . ويمكن استخدام ألواح ذات أبعاد أكبر ( حوالي ٧٥سم ) وسلك لا يقل عن ١٣م .

٠,٠٢ م ويجب أن تثبت المقاييس على قائم خاص لإعطاء مستوى مستقل للقياسات .

(هـ) يجب أيضاً توافر ميزان ومثبتات لمقاييس الانفعال وساعة  
مقانة



شكل منه صيغ التحميل المباشر (١)



شكل مبني رد فعل الاعمال بواسطة الجمالون  
(ب)

### خطوات إجراء الاختبار :

إجراء الاختبار للحصول على قيم قوى تحمل التربة .

(أ) يتم عمل حفرة بقطر أو اتساع لا يقل عن خمس أضعاف قطر أو اتساع لوح التحميل .

(ب) يتم عمل حفرة داخل الحفرة الأولى بقطر أو اتساع لوح التحميل نفسه .

(ج) يتم وضع طبقة رقيقة من الرمل الرفيع بسمك ٠,٦ سم في الحفرة الصغرى ثم يوضع لوح التحميل بشات قوى هذه الطبقة التي يمكن بها تفادي أية فروق في مناسيب قاع الحفرة ويستخدم الجبس في بعض الأحيان لتثبيت ألواح التحميل.

(د) يتم تحميل اللوح على مراحل بحيث يكون الحمل في كل مرحلة حوالي ٥/١ الحد التصميمي المقترح ويكون أقصى تحميل للوح حوالي ٣ مرات هذا الحمل التصميمي .

(هـ) يترك الحمل ثابتاً في كل مرحلة مع أخذ قراءات للهبوط على فترات كالاتي : بعد دقيقة واحدة ثم دقيقتين ثم خمس دقائق ثم عشرين دقيقة ثم أربعين دقيقة ثم بعد ساعة . وتكرر قراءة الهبوط بعد ذلك كل ساعة حتى يصبح معدل الهبوط أقل من ٠.٠٢ م/م دقيقة في التربة الطينية أو تتوقف قراءات الهبوط ثم يزداد الحمل إلى المرحلة التالية وهكذا .

(و) يجب ملاحظة أن تثبيت الحمل يتم بسهولة إذا كان التحميل مباشراً. ولكن في حالة - التحميل الهيدروليكي فيجب ملاحظة إثبات الحمل باستمرار نظراً لأحمال تغيره في هذه الحالة.

إجراء الاختبار للحصول على معامل رد فعل طبقة الأساس ( لتصميم الأساسات والطرق والمطارات ) :

أ) يستخدم في هذا الاختبار ألواح مستديرة من الصلب بأقطار مختلفة ( ٣٠ سم و ٤٥ سم و ٧٦,٢ سم تقريباً ) وترتب هذه الألواح على شكل هرمي لضمان جساتها .

(ب) يستخدم جهاز التحميل الهيدروليكي ويكون مجهزاً للتحميل على مراحل وبقدرة حتى ١٥ طن.

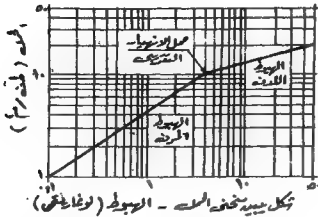
(ج) في حالة اختبار التربة في الموقع يستحسن إزالة ٣٠ سم من السطح في مكان التجربة قبل تثبيت الأكوام .

(د) يستعمل عدد كاف من مقاييس الانفعال تثبت على بعد ٢٥ من المحيط على أن تؤخذ القيمة المتوسطة للقراءات على أنها قيمة المخطط.

(هـ) يتم تحميل الألواح بإجهاد تقريبي فترة ٠,٧ كجم/سم<sup>٢</sup> ثم يزال بعد عدة ثواني ويعاد التحميل مرة أخرى بإجهاد يؤدي إلى هبوط حوالى ٠,٢ مم.

(٧) يزداد الحمل على الأرواح حتى تسجيل هبوطاً مقداره حوالي ١ مم ويثبت الحمل حتى يصل معدل الهبوط إلى ٠,٢ مم/ دقيقة وعندئذ يزال الحمل تماماً وتراقب أجهزة قياس الانفعال حتى يصل معدل الاستعادة recovery إلى ٠,٢ مم/دقيقة.





ز) يعاد التحميل وإزالة الحمل السابق بنفس الطريقة الموضحة عاليه عشر مرات مع تسجيل القراءات من مقاييس الانفعال بعد التحميل لكل مرة من المرات .

ح) يزداد الحمل ليعطي هبوطاً قدره ٢٤ م وتكرر الخطوات السابقة . ثم يزداد مرة أخرى ليعطي ٥٥ م و ١٠٠ م مع اتباع ما جاء في الخطوات (د - و) من نفس البند .

### التقرير :

يجب أن يتخى التقرير على :  
أ) القراءات المستمرة لكل من الحمل والهبوط ودرجات الحرارة .

ب) تاريخ إجراء الاختبار وحالة الطقس .

ج) أى ظروف غير عادية طرأت أثناء التنفيذ .

### حساب نتائج الاختبارات :

حساب نتائج اختبار قيم قوى تحمل التربة :

أ) توقع نتائج الاختبار على منحنى (أحمال - هبوط) .

ب) القيمة القصوى لتحميل التربة إما أن تقع عند نقطة انبهار يمكن تعديلها على المنحنى أو عند قيمة تقديرية للهبوط (حوالى ٥/١ قطر أو ضلع اللوح) وذلك في حالة صعوبة تحديد قيمة انبهار من المنحنى .

ج) توقع المنحنى لورغانيتمياً هي الطريقة الأفضل لتحديد نقط الانبهار حيث يختصر المنحنى إلى شبه خطين مستقيمين تعتبر النقطة التخيلية لتلاقيهما هي نقطة الانبهار كما في الشكل لتالى وتكون هذه النقطة ممثلة لأقصى قوة تحمل للتربة المختبرة . وباستعمال معامل أمان يتراوح ٢ إلى ٣ يمكن الحصول على قوة تحمل التربة التصميمية .

د) بالنسبة للتربة الطينية المشبعة بالمياه فإن قيمة قوة تحمل لتربة الناتجة من اختبار التحميل تحير قوة تحمل قواعد لأساسات بصرف النظر عن اختلاف الأبعاد ، أما بالنسبة للتربة رملية غير المتاسكة فإن هذه القيم تتناسب مع عرض الأساس اسباً خطياً بالتقريب . ويلزم لحساب قوة تحمل التربة في هذه الحالة أن يجرى أكثر من اختبار تحميل بمقاييس مختلفة للألواح . استنتاج قوة تحمل قواعد الأساسات من نتائج التجارب طبقاً لقاعدة التناسب .

### حساب نتائج اختبار معامل رد فعل طبقة الأساس :

أ) يجب معايرة جهاز الضغط الهيدروليكي قبل التجربة ويضاف إلى الحمل الذى بينه الجهاز مقدار ووزن لوح التحميل ووزن الجهاز نفسه للحصول على حمل الاختبار .

ب) عند كل مرة تحميل بحسب الهبوط مناظر الحمل الاختبار وهو الهبوط الذى يكون عنده معدل الهبوط مساوياً ٠.٢ مم لكل دقيقة .

ج) ترسم العلاقة بين عدد مرات التحميل وقيمة الهبوط عند كل حمل . كما يمكن رسم منحنى مناظر لعدد مرات التحميل وقيمة الهبوط المتبقية .

و) تحسب مما سبق قيمة الإجهاد عند أى قيمة للهبوط وتؤخذ في العادة عند ١.٣ مم بعد عشر مرات من تكرار التحميل ، وبحسب معامل رد فعل طبقة الأساس ويكون في هذه الحالة مساوياً :

$$K_s = \frac{P}{S}$$

حيث :

$K_s$  = معامل رد فعل طبقة الأساس (كجم/سم<sup>٢</sup>) .

$P$  = الإجهاد (كجم/سم<sup>٢</sup>) .

$S$  = الهبوط (سم) .

### ملاحظات :

أ) في حالة التربة غير المتاسكة (الرملية) أو المتاسكة (الطينية) يجب إجراء التجربة مرتين على الأقل للتأكد من توافق النتائج ولكن في حالة التربة الرملية يزداد عدد الاختبارات إلى ثلاث مع استخدام ألواح أبعاد مختلفة وتكون الألواح بنفس الشكل (مستديرة أو مربعة) .

اللازم لقوى تحمل التربة في الموقع وقيم هبوط أصغر من الواقع وذلك لعدم إدخال تأثير الطبقة الضعيفة في الاعتبار .

(هـ) لا تبين نتائج اختبار التحميل قيم الهبوط الناتج عن تدعيم التربة نظراً لقصر زمن إجراء التجربة . مع العلم أن هذا الشق من الهبوط هو الغالب في حالة الطبقات المتأسكة .

(و) يجب ألا ينقضى زمن طويل بين الحفر وبين إجراء الاختبار ويجب حماية الحفرة من الأمطار ومن التغيرات في المحتوى المائي للتربة .

(ز) يمكن تعرض اللوح لضغط بسيط بحوالى ٠.١ كجم/سم<sup>٢</sup> ثم لزالته قبل إجراء الاختبار الأسامي وذلك في حالة عدم استواء قاع الحفر .

(ح) يجب الاهتمام بالآلات المعرض للوح للانحراف أو الانحناء عند تحميله .

(ط) يجب حماية أجهزة قياس الهبوط من أشعة الشمس .

(ب) يلاحظ أن لمنسوب المياه الجوفية أثراً كبيراً في تحديد قيم قوى تحمل التربة ولذلك يجب إجراء اختبار التحميل عند منسوب المياه الجوفية إذا كان هذا المنسوب في حدود ١ متر أسفل منسوب التأسيس .

(ج) يجب عمل برنامج اختبارات في الموقع للتأكد من المعلومات المستنتجة من تجارب التحميل وذلك بعمل جسات وجسات حتى أعماق كافية ومتناسبة مع نوع الأساسات المستخدمة .

وفي حالة طبقات التربة التي تتغير خواصها تغيراً سريعاً نسبياً فإن استخدام اختبارات التحميل لتقدير الهبوط يعتبر في هذه الحالة غير مناسب ويجب حساب الهبوط باستخدام نتائج الاختبار معملية (أو أي اختبارات عقلية مناسبة) على عينات غير مقلقة من طبقات التربة المختلفة .

(د) في حالة وجود طبقة سطحية قوية نسبياً ولكنها طبقة ضعيفة فإن نتائج اختبار التحميل سوف تغطي قيماً أكبر من

الجزء  
الثاني

الأساسات السطحية والعميقة



# مقدمة

## الجزء الثاني

## الأساسات السطحية والعميقة

### الأساسات السطحية Shallow Foundation

الأساس هو حلقة الاتصال بين المنشأ والتربة التي تحمل هذا المنشأ والأساس مسؤول عن نقل أحمال المنشأ بطريقة آمنة إلى التربة بحيث لا ينتج عن هذه الأحمال تحرك ضار للتربة أسفل الأساس أو حوله وتمثل الأساسات السطحية القطاع الأكبر للأساسات وتنقسم الأساسات السطحية إلى ثلاثة أبواب :

**الباب الأول :** ويشمل اعتبارات لبعض الحالات الخاصة للأساسات ويتكون من الأحمال الميتة والحية ، وتخفيض الأحمال الإضافية وقوة تحمل التربة وملاحظات عامة على التأسيس وأنواع التربة ذات المشاكل وخصائصها وطريقة تثبيت التربة .

**الباب الثاني :** ويشمل التأسيس على الصخر ، التقسيم العام للصخور ، وقدرة تحمل الصخور ، التأسيس في حالة وجود الصخر على سطح الأرض أو قرب منها والتأسيس السطحي لتفندق المقطم على الصخر .

**الباب الثالث :** ويشمل على جميع أنواع القواعد المشتركة لثلاثة أعمدة أو عامودين أو عامودين أحدهما ملاصق للجدار سواء أكانت القاعدة مستطيلة أو شبه منحرف أو ككرة بين العامودين أو يدونها ، القواعد الكابولية rectangular mono-cantilever أو strap footing والأساسات الشريطية والأساسات المستمرة سواء أكانت لبشة عادية أو على كمرات وبلاطات أو بنظام الكمرات الرئيسية والكمرات الثانوية

وبلاطات ، وقد تم حل أربعة عشر مثال كامل بالرسومات التنفيذية ووسيلة الإيضاح مع شرح واف بطريقة استعمال أى نوع ومدى صلاحيته من ناحية التربة والمنشأ الخرساني .

### الباب الرابع : الأساسات العميقة :

تستعمل الأساسات العميقة في حالة عدم إمكانية اختيار الأساس السطحي لتواجد طبقات سطحية أو لأعماق محدودة ذات صفات ميكانيكية سيئة كأن تكون شديدة الانضغاط أو ذات مقاومة قليلة القص أو لعدم أحمال غير عادية تحتاج إلى مقاومة كبيرة مثل أحمال الأبراج والكبارى أو وجود أحمال جانبية كبيرة في هذه الحالات يجب استعمال الأساسات العميقة .

ويشمل على جميع أنواع الخوازيق المستخدمة بمجمهورية مصر العربية وعددها أربعة عشر سبعة منهم خوازيق تصب مكانها وتعتمد على الدق وسبعة أخرى لا تعتمد على عملية الدق بخلاف الخوازيق الخشبية وخوازيق الصلب المدرفلة وقدرة تحمل الخوازيق وقدرة تحمل الخوازيق بالصيغة النظرية في جميع أنواع التربة والصيغ الديناميكية الخاصة بالخوازيق المنشأة بالدق والمعادلة الموجبة لتحليل بيانات دق الخوازيق واختيارات التحميل وهبوط الخوازيق والاستبدال الاهتزازى للتربة الطينية والرملية والمقسيونات بجميع أنواعها والدعام ومشروع نافورة النيل . والله الموفق



# عبارات لبعض الحالات الخاصة للأساسات

## الباب الأول

سبق أن تكلمنا في الموسوعة الهندسية للمواصفات والتصميمات ومعدلات المواد والعمالة لإنشاء المباني والمرافق العامة وكذلك في الجزء الأول من المنشأة المعمارية عن بعض الأساسات ولكن أطلب من الله التوفيق عن لقاء الضوء على بعض المعلومات المهمة باختصار والتي تأخذ في الاعتبار قبل البدء في شرح التفاصيل الدقيقة لتصميم بعض الحالات الخاصة للأساسات وتنحصر في الآتي :

**أولاً : الأحمال :**

( أ ) لمعرفة قيمة الأحمال الميتة لمواد البناء التي يتكون منها المنشأ وأيضاً الأحمال الحية التي تؤخذ في الاعتبار للأنواع المختلفة من المنشأ حسب الجداول الآتية :

### ( ١ ) الأحمال الدائمة :

| المادة                             | كجم / م <sup>٣</sup> | المادة                      | كجم / م <sup>٣</sup> |
|------------------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>أولاً : مواد البناء :</b>       |                      | الفيرومكوليت المنقوش        | ٦٠ - ٢٠٠             |
| <b>الخرسانة :</b>                  |                      | الرماد التطاير              | ٦٠٠ - ١١٠٠           |
| خرسانة عادية                       | ٢٢٠٠                 | الماء                       | ١٠٠٠                 |
| خرسانة مسلحة                       | ٢٥٠٠                 | <b>إضافات الخرسانة :</b>    |                      |
| خرسانة خفيفة                       | ١٠٠٠ - ٢٠٠٠          | ( سائلة ) أو مسحوق          | ١٠٠٠ - ١١٠٠          |
| خرسانة مهواة                       | ٦٠٠ - ٩٠٠            | <b>أحجار البناء :</b>       |                      |
| خرسانة ثقيلة                       | ٢٥٠٠ - ٥٥٠٠          | ( أ ) صخور نارية            |                      |
| خرسانة بركام البازلت               | ٢٣٠٠ - ٢٥٠٠          | جرانيت                      | ٢٨٠٠                 |
| خرسانة بركام القرن العالي          | ١٦٠٠ - ١٩٠٠          | بازلت ( ديوريت - جابرو )    | ٣٠٠٠                 |
| خرسانة بركام الطين المدد           | ٧٠٠ - ١٧٠٠           | بازلت ( بركاني )            | ٢٤٠٠                 |
| خرسانة عازلة ذات فراغات            | ٣٠٠ - ٦٠٠            | الشيسيت                     | ٢٦٠٠                 |
| <b>الأسمنت</b>                     |                      | <b>( ب ) صخور رسوية :</b>   |                      |
| أسمنت ( سائب )                     | ١١٠٠ - ١٢٠٠          | الحجر الجيري                | ٢٧٠٠                 |
| كلنكر الأسمنت                      | ١٥٠٠ - ١٨٠٠          | الرخام                      | ٢٨٠٠                 |
| <b>الركام :</b>                    |                      | الحجر الرمل                 | ٢٧٠٠                 |
| زلط                                | ١٧٠٠                 | <b>( جـ ) صخور متحولة :</b> |                      |
| رمل                                | ١٥٠٠                 | الأردواز                    | ٢٨٠٠                 |
| <b>عشب الأفران العالية :</b>       |                      | الجنيس                      | ٣٠٠٠                 |
| مبرد بالهواء                       | ١٧٠٠                 | السربنتين                   | ٢٧٠٠                 |
| عشب                                | ١٢٠٠                 | الرخام                      | ٢٧٠٠                 |
| <b>ركام الليكا ( الطين المدد )</b> |                      | <b>طوب البناء :</b>         |                      |
| الحجر الخفاف                       | ٣٥٠ - ٦٥٠            | طوب أحمر                    | ١٦٠٠ - ١٨٠٠          |
|                                    |                      | طوب مفرغ                    | ١٤٠٠                 |

| المادة                      | كجم / م <sup>٢</sup> | المادة                           | كجم / م <sup>٢</sup> |
|-----------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|
| طوب جبرى رمل مصمت           | ١٨٥٠                 | متوسطة الصلابة                   | ٨٥٠ - ٦٠٠            |
| خفيف الوزن                  | ٨٠٠ - ٧٢٠            | عازل ذو فراغات                   | ٤٠٠ - ٢٥٠            |
| طوب حرارى للأغراض المختلفة  |                      | خشب ذو فراغات                    | ٤٠٠ - ٢٥٠            |
| طين حرارى                   | ١٨٥٠                 | خشب ألكاش مضغوط                  | ٨٥٠ - ٧٥٠            |
| سليكا                       | ١٨٠٠                 | ألواح ذات قلب خشبى               | ٦٥٠ - ٤٥٠            |
| منجنيزيت                    | ٢٨٠٠                 | مواد بناء أخرى                   |                      |
| كروم - منجنيزيت             | ٣٠٠٠                 | أسبستوس                          | ٨٠٠                  |
| كورنلم                      | ٢٦٠٠                 | ألواح الأسبستوس الأمتنى المتموجة | ١٦٠٠                 |
| طوب مقاوم للأحماض           | ١٩٠٠                 | ماسورة أسبستوس أمتنى             | ١٨٠٠                 |
| طوب زجاجى                   | ٨٧٠                  | سيلتون                           | ١٢٠                  |
| بلوكات البناء :             |                      | تربة جافة                        | ١٧٠٠                 |
| بلوكات خرسانية              | ١٩٠٠ - ١٤٠٠          | تربة مبتلة                       | ٢٠٠٠                 |
| بلوكات خرسانية مفرغة        | ١١٥٠                 | أرضية مطاط                       | ١٨٠٠                 |
| بلوكات خرسانية ركام الليكا  | ٨٠٠ - ٦٠٠            | أسفلت                            | ٣٢٠٠                 |
| بلوكات جسية                 | ٩٥٠                  | بيتومين                          | ١٤٠٠ - ١٠٠٠          |
| الجبس :                     |                      | قار                              | ١٤٠٠ - ١١٠٠          |
| مسحوق الحجر الجبرى          | ١٣٠٠                 | بلاط أمتنى                       | ٢٤٠٠                 |
| كحل الجبر المكلسة           | ١٣٠٠ - ٨٥٠           | بلاط موزايكو                     | ٢٢٠٠                 |
| كحل الجبر مطحونة            | ١٣٠٠ - ٦٠٠           | رائج الأيوكس :                   |                      |
| الجبر المكلس المطفى         | ١١٠٠                 | بدون مواد مائلة                  | ١١٥٠                 |
| الجبس                       | ١٠٠٠ - ٨٠٠           | بمواد فلزية                      | ٢٠٠٠                 |
| المونة :                    |                      | مع الفيرجلاس                     | ١٨٠٠                 |
| مونة الأمتن                 | ٢١٠٠                 | بلاط بلاستيك                     | ١١٠٠                 |
| مونة الجبر                  | ١٨٠٠                 | رائج بوليستر                     | ١٣٥٠                 |
| مونة الأمتن والجبر          | ١٨٠٠ - ٧٥٠           | بوليثيرين                        | ٩٣٠                  |
| مونة البيتومين بالرم        | ١٧٠٠                 | ألواح ب . ف . س الصلدة           | ١٤٠٠                 |
| مونة الجبس                  | ١٨٠٠ - ١٤٠٠          | ألواح ب . ف . س للأرضيات         | ١٦٠٠                 |
| الخشب ومتجاته :             |                      | بلاط ب . ف . س للأرضيات          | ١٧٠٠                 |
| ( جفف بالهواء - رطوبة ١٥٪ ) |                      | فيرجلاس                          | ١٨٠ - ١٦٠            |
| أ ) خشب صلب                 |                      | صوف زجاجى                        | ١١٠ - ١٠٠            |
| زان                         | ٦٨٠                  | صوف خشبى                         | ٣٠٠ - ٢٠٠            |
| قرو                         | ٦٩٠                  | فلين                             | ٦٠                   |
| ب ) خشب طرى                 |                      | مصيص                             | ١٥٠٠ - ١١٠٠          |
| بيتش باين                   | ٥٧٠                  | ألواح زجاج                       | ٢٥٠٠                 |
| خشب أبيض                    | ٤٠٠                  | زجاج بالسلك                      | ٣٦٠٠                 |
| ج ) ألواح من ألياف خشبية    |                      | زجاج أكريليك                     | ١٢٠٠٠                |
| صلدة                        | ١١٠٠ - ٩٠٠           | بالات الكنان                     | ٦٠٠                  |
|                             |                      | أكروام الجلد                     | ١٠٠٠ - ٩٠٠           |



| المادة   | كجم / م <sup>٣</sup> |
|----------|----------------------|
| كادميوم  | ٨٦٥٠                 |
| ذهب      | ١٩٣٠٠                |
| منجنيز   | ٧٢٠٠                 |
| بلاتين   | ٢١٣٠٠                |
| تنجستين  | ١٩٠٠٠                |
| فاناديوم | ٥٦٠٠                 |

ثالثاً : الوفود :

|            |              |
|------------|--------------|
| ١٢٠٠ - ٩٠٠ | الفحم الفلزى |
| ٦٥٠ - ٤٥٠  | فحم الكوك    |
| ٢٥٠        | فحم نباتى    |
| ٧٠٠        | تراب الفحم   |

|            |            |
|------------|------------|
| ١٠٠٠ - ٨٠٠ | الزيوت     |
| ٩٨٠        | زيت الديزل |
| ٨٠٠ - ٧٥٠  | زيت خام    |
| ٨٠٠        | جازولين    |
|            | بتروول     |

|     |               |
|-----|---------------|
|     | غازات سائلة : |
| ٥٠٠ | بروبين        |
| ٥٨٠ | بيوتين        |

|           |             |
|-----------|-------------|
| ٦٠٠ - ٤٠٠ | الحشب :     |
| ٢٥٠       | خشب صلد قطع |
| ٥٠٠       | خشب قطع     |
| ٤٠٠       | خشب صلد كل  |
| ٣٠٠       | خشب الحريق  |
|           | خشب كل      |

رابعاً : السوائل :

|             |                            |
|-------------|----------------------------|
| ١١٠٠        | غلاء الزيت معلبة أو صناديق |
| ١٢٥٠٠       | جليسرين                    |
|             | اللين                      |
| ٩٠٠٠ - ٩٥٠٠ | فى خزانات                  |
| ٨٥٠         | فى علب                     |
| ٧٠٠         | فى زجاجات                  |

| المادة                | كجم / م <sup>٣</sup> |
|-----------------------|----------------------|
| الورق                 |                      |
| فى أكوام              | ١٢٠٠                 |
| فى لفات               | ١١٠٠                 |
| المطاط :              |                      |
| ملفوفة لمواد الأرضيات | ١٣٠٠                 |
| خام بالات             | ١١٠٠                 |
| الصوف                 |                      |
| فى بالات              | ٧٠٠                  |
| مضغوط فى بالات        | ١٣٠٠                 |

ثانياً : المواد المعدنية :

|               |                     |
|---------------|---------------------|
| ٧٨٥٠          | صلب                 |
| ٧٢٥٠          | حديد زهر            |
| ٢٧٠٠          | ألومنيوم            |
| ١١٤٠٠ - ١٢٠٠٠ | رصاص                |
| ٨٠٠٠          | رصاص أحمر ( مسحوق ) |
| ٨٣٠٠ - ٨٥٠٠   | نحاس أصفر           |
| ٨٩٠٠          | نيكل                |
| ٧٢٠٠          | زنك مدلفن           |
| ١٨٥٠          | مغنسيوم             |
| ٣٥٠٠          | باريوم              |
| ٨٧٠٠          | كوبالت              |
| ١٠٥٠٠         | فضة                 |
| ١٠٢٠٠         | مولبديم             |
| ٤٥٠٠          | تيتانيوم            |
| ١٨٧٠٠         | يورانيوم            |
| ٦٥٣٠          | زركونيم             |
| ٧٨٥٠          | حديد مطاوع          |
| ٣٠٠٠          | حديد خام            |
| ٢٨٠٠          | سلك ألومنيوم        |
| ٩٠٠٠          | رصاص أبيض ( مسحوق ) |
| ٨٧٠٠ - ٨٩٠٠   | نحاس                |
| ٨٤٠٠ - ٨٥٠٠   | برونز               |
| ٦٩٠٠          | زنك مصبوب           |
| ٧٤٠٠ - ٧٢٠٠   | صفيح مدلفن          |
| ٦٦٢٠          | أنتيمون             |

| المادة                | كجم / م <sup>٢</sup> |
|-----------------------|----------------------|
| أرز شعير ( غير مقشر ) | ٥٠٠                  |
| أرز في عبوات          | ٦٥٠                  |
| ملح في أكوام          | ١٠٠٠                 |
| ملح في عبوات          | ١١٢٠                 |
| نشأ في عبوات          | ٨٠٠                  |
| بن في عبوات           | ٧٠٠                  |
| صابون بودرة في عبوات  | ٦١٠                  |
| قمح                   | ٩٠٠ - ٨٠٠            |
| دقيق في عبوات         | ٥٠٠                  |
| قش عزم في بالات       | ١٧٠                  |

سادساً : مواد أخرى :

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| كعب وسجلات في أكوام | ١١٠٠ - ١٠٠٠ |
| ثلج على هيئة بلوكات | ٩٠٠ - ٨٥٠   |
| نسيج - أثواب        | ١١٠٠        |
| سليولوز بالات       | ٨٠٠         |
| بالات الأقمشة       | ١٣٠٠ - ٧٠٠  |
| بالات اللباد        | ٥٠٠         |
| بالات القنب         | ٤٠٠         |
| بالات الجبوت        | ٧٠٠         |

| المادة                                | كجم / م <sup>٢</sup> |
|---------------------------------------|----------------------|
| العسل                                 |                      |
| في خزنات                              | ١٣٢٠٠                |
| في علب                                | ١٠٠٠                 |
| في زجاجات                             | ٦٠٠                  |
| حامض الهيدروكلوريك<br>( ٤٠ ٪ بالوزن ) | ١٢٠٠                 |
| حامض التريك ( ٩١ ٪ بالوزن )           | ١٥٠٠                 |
| حامض الكبريتيك ( ٣٠ ٪ بالوزن )        | ١٤٠٠                 |

خامساً : مواد غذائية :

ومنتجات زراعية :

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| الزبدة                        |           |
| في برميلات                    | ٥٥٠       |
| في علب أو صناديق              | ٨٠٠ - ٥٠٠ |
| سكر محبب                      |           |
| في غلاف ورق                   | ٦٠٠       |
| في عبوات كبيرة                | ٨٠٠       |
| سكر كتل في غلاف ورق           | ٦٠٠       |
| في صناديق                     | ٧٠٠       |
| شاي باكوات                    | ٤٠٠       |
| بيض في أوراق حاملة            | ٥٥٠       |
| ككاو في عبوات                 | ٥٥٠       |
| دهون في صناديق                | ٨٠٠       |
| سمك في براميل                 | ٦٠٠       |
| سمك معاً                      | ٨٠٠       |
| فاكهة في الصناديق             | ٤٠٠ - ٣٥٠ |
| فاكهة مخزنة قطع               | ٧٠٠ ٥٠٠   |
| تين مخزن بالات                | ٢٠٠ - ١٥٠ |
| أفرد                          | ٤٥٠       |
| زبدة صناعي في صناديق          | ٧٠٠       |
| زبدة صناعي في براميل          | ٥٥٠       |
| لحوم مجمدة                    | ٧٠٠ - ٤٠٠ |
| بصل في عبوات                  | ٥٥٠       |
| مخللات في عبوات               | ٧٠٠       |
| مشروبات في زجاجات داخل صناديق | ٨٠٠       |

## الأحمال الإضافية غير الديناميكية ( الأحمال الحية )

| الحمل كجم / م | نوع المشأ   |
|---------------|---|
|               | أ) أسطح نهائية :  |
| ١٠٠           | أفقية لا يوصل إليها ( غير مستخدمة )                             |
| ٥٠            | مائلة ( زاوية الميل أكثر من ٢٠ ) لا يوصل إليها ( غير مستخدمة )  |
| ٢٠٠           | أفقية أو مائلة يوصل إليها في مباني سكنية                        |
| ٤٠٠           | أفقية يوصل إليها في مباني عامة                                  |
|               | ب) المباني السكنية :  |
| ٢٠٠           | غرف سكنية   |
| ٣٠٠           | سلام  |
| ٣٠٠           | بلكونات   |
|               | جـ) المباني الإدارية :  |
| ٣٠٠           | غرف مكاتب   |
| ٤٠٠           | سلام  |
| ٤٠٠           | بلكونات   |
| ١٠٠٠ - ٥٠٠    | أرشيف ( أوراق ومستندات تحت الحفظ )                              |
|               | د) المستشفيات :   |
| ٣٠٠           | غرف علاج المرضى   |
| ٤٠٠           | سلام طرقات  |
| ٤٠٠           | بلكونات   |
| ٤٠٠           | عنابر علاج المرضى   |
| ٥٠٠ - ٣٠٠     | غرف الجراحة   |
| ٨٠٠ - ٥٠٠     | غرف الأشعة  |
|               | هـ) المدارس :   |
| ٣٠٠           | فصول تعليمية  |
| ٤٠٠           | سلام وطرقات   |
| ٤٠٠           | معامل   |
| ٥٠٠           | مكتبات  |
| ٥٠٠           | صالات رياضية  |
|               | و) القاعات والصالات :   |
| ٥٠٠           | القاعات والصالات ذات المقاعد الثابتة                            |
| ٦٠٠           | القاعات والصالات ذات المقاعد غير الثابتة                        |
| ٥٠٠ أو أكثر   | ز) محلات البيع بالقطاعي :                                       |
| ١٠٠٠ أو أكثر  | محلات البيع بالجملة والمخازن ( حسب نوع المواد المخزنة والآلات ) |

| الحمل كجم / م <sup>٢</sup> | نوع المشأ   |
|----------------------------|---|
| ٢٠٠                        | حـ) الفنادق   |
| ٤٠٠                        | غرف النزلاء   |
| ٤٠٠                        | غرف للخدمة العامة   |
| ٤٠٠                        | السلام والطرفات   |
| ٤٠٠                        | غرف الطعام والمطاعم   |
| ٤٠٠                        | ط) المكاتب :  |
| ١٠٠٠                       | غرف الاطلاع   |
|                            | غرف الحفظ للكتب   |
|                            | ل) الورش: يجب حساب الأحمال طبقاً لاستخدام المبنى بالإضافة إلى التأثير الديناميكي لاهتزاز الماكينات الذي يجب أن يوضع في الاعتبار |
|                            | م) الجراجات :   |
| ٣٠٠                        | جراجات لمربات الركوب على ألا يزيد الارتفاع الصافي عند المداخل عن ٢,٤ م  |
| ٤٠٠                        | جراجات لمربات الركوب وال عربات السياحية والأتوبيسات   |
| ٥٠٠                        | المرات للجراجات المذكورة  |

#### تخفيض الأحمال الإضافية في الأبنية متعددة الطوابق :

- (١) لا يسمح بالتخفيض للمباني المعدة للسكن أو الفنادق إذا كان عدد الطوابق لا يزيد على خمسة أو إذا كانت الطوابق المستعملة ذكاكين أو أماكن تجارية أو مستودعات أو مخازن أو مشاتل أو مدارس أو أماكن عامة .
- (٢) في الأبنية المعدة للسكن ذات الطوابق ( أكثر من ٥ ) وفي حالة تحميلها بأحمال إضافية متساوية على ألا يكون هناك شروط بغرض الأحمال الإضافية القصوى على جميع الطوابق ، في نفس الوقت يراعى في حساب الأحمال على نقاط الارتكاز كالجدران والأعمدة والأساسات ، والجدول التالي يبين تخفيض الأحمال الحية عند كل دور والمرموز بقيمة الحمل الحى بالرمز (P) حيث تمثل الحمل الإضافي :

| موقع السقف             | قيمة الحمل الإضافي |
|------------------------|--------------------|
| السقف الأعلى أو السطح  | P                  |
| السقف الأول تحت السطح  | P                  |
| السقف الثاني تحت السطح | 0.9P               |
| السقف الثالث تحت السطح | 0.8P               |
| السقف الرابع تحت السطح | 0.7P               |
| السقف الخامس تحت السطح | 0.6P               |
| السقف السادس تحت السطح | 0.5P               |
|                        | -                  |

ويحفظ بمعامل التخفيض (0.5P) لكل من الطوابق الباقية .

- جـ) وزن الأحمال الحية للأساسات نفسها يجب أن تضاف إلى المشأ المقام على الأساس لاستنتاج الحمل الذي سيؤثر على التربة ، أحمال الأساس يتغير تبعاً لتغير المواد التي يتكون منها ، وذلك طبقاً للجدول التالي وهو تقريبي .

| مواد الأساس   | أحمال المنشأ $w$ | أحمال الأساس الواجب إضافتها وهي نسبة من أحمال المنشأ $w$ |
|---------------|------------------|--|
| خرسانة عادية  | $w$              | $w$ ١٢٪ إلى ١٥٪ $w$                                      |
| قطاعات خشبية  | $w$              | $w$ ٣٪ إلى ٥٪ $w$  |
| قطاعات حديدية | $w$              | $w$ ٨٪ إلى ١٢٪ $w$                                       |
| خرسانة مسلحة  | $w$              | $w$ ٨٪ إلى ١٢٪ $w$                                       |

ثانياً : قوة تحمل التربة :

قوة تحمل التربة يعتمد في تكوينها على تحديد خواص التربة ، عمق الحفر ، كمية الرطوبة التي تحتويها ، ولذلك فإن تحقيقه يكون شامل المتغيرات السابق ذكرها ويجب أن تحدد قبل اتخاذ القرار على نوعية الأساس - الاختبارات مهمة جداً طبقاً لطبيعة المنشأ وطبيعة التربة وأهمية تكوينها وتنتصر في الآتي :

(أ) عناصر الاستكشاف التي تعتمد إلى حد كبير على المشروع المراد إقامته ، ولكنه يجب أن يشتمل توفير ما يلي .

- (١) معلومات عن نوع الأساس سطحي أو عميق .
- (٢) معلومات تمكن مهندس ميكانيكا التربة من تحديد قدرة تحمل التربة أو وحدة الأساس .
- (٣) معلومات كافية لتقدير الهبوط .
- (٤) منسوب المياه الجوفية .
- (٥) معلومات لتحديد كيفية الحفر والسند وتصميم الساتر اللوحية وطريقة نزح المياه .
- (٦) معلومات عن المشاكل المحتملة مثل هبوط أو تشرخ المنشآت المجاورة .
- (٧) تحديد مشاكل التلوث والتأثير على البيئة المحيطة .

✳ هذا بالإضافة إلى معرفة سمك الطبقات التي ستركز عليها المنشأ والاختلاف الكبير بين هذه الطبقات ونوعية التربة التي سيتم التأسيس عليها وذلك طبقاً للجدول التالي :

وبهذا يصبح الوزن الكلي  $\frac{W}{A}$  =  
مساحة الأساس

جهد التربة

وهناك قانون محدد للمنشآت الخرسانية المسلحة

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \eta_a \cdot D_f / q_{all}}$$

حيث :

$\bar{W}$  = الحمل الكلي الواقع على التربة بعد إضافة وزن الأساس .

$W$  = الحمل الكلي للمنشأ .

$\eta_a$  = متوسط وزن القاعدة للخرسانة والأثرية ويساوى ٢ طن / م<sup>٢</sup> تقريباً .

$D_f$  = عمق الحفر من سطح الأرض الطبيعية .

$q_{all}$  = الإجهاد المأخض المسموح به على التربة .

تحديد أقل عمق للحفر للأساسات .

ويمكن تحديد العمق الخاص بالحفر للأساسات من القانون الآتي :

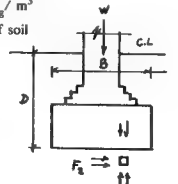
$$D = \frac{F_1}{W_1} \left\{ \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right\}^2$$

where

$F_1 = w$  (weight of superstructure/  $\bar{m}$ ) +  $B$  kg/  $m^2$

$W_1$  = weight of soil kg/  $m^3$

$\phi$  = angle of repose of soil



رسم يبين طريقة عمل الحفر

| نوع المادة   | الوصف  | قدرة الحمل بأمان لكل كجم / سم <sup>٢</sup>  |
|--------------|--|---|
| الصخر        | الصخر عملياً غير قابل للضغط وآمن جداً ضد الهبوط وعامة يكون التأسيس مستقر على الصخر عندما يكون سمكه ٣ أمتار وفي طبقات أفقية .   | من ٥ إلى ٢٠٠ كجم / سم <sup>٢</sup>  |
| الزلط        | الزلط عملياً غير قابل للضغط ولا يتأثر بالعوامل الجوية الزلط عندما يكون غير قابل للتفكك والانتشار يكون أحسن أنواع الأساسات .  | من ٥ إلى ١٠ كجم / سم <sup>٢</sup>   |
| الرمل        | (١) الرمل الخشن أو كان مذكوكاً وجافاً وغير قابل للتفكك والانتشار .<br>(٢) رمال نظيفة وجافة<br>(٣) رمال متحركة وسريعة الانتشار يجب عدم الاعتماد عليها .<br>(٤) عموماً إذا كان سمك طبقة الرمال ٤ متر ومضغوط ومذكوك ورطب يصبح متاسكاً<br>(٥) أو كان الرمل يكون أقل تماسكاً عن تعرضه للمياه الجوفية .<br>لطبقة سمكها ٤ متر : | من ٣ إلى ٥ كجم : سم <sup>٢</sup><br>من ٢ إلى ٤ كجم / سم <sup>٢</sup><br>من ٥ إلى $\frac{٣}{٤}$ كجم / سم <sup>٢</sup>                          |
| الطين        | (١) بني اللون متاسك وجاف دائماً<br>(٢) بني اللون متاسك ومتوسط الجفاف<br>(٣) لين ورطب<br>ليس له قوام وغير متاسك   | من ٢ إلى ٣ كجم / سم <sup>٢</sup><br>من ٢ إلى ١,٥ كجم / سم <sup>٢</sup><br>١ كجم / سم <sup>٢</sup><br>أقصى $\frac{١}{٧}$ كجم / سم <sup>٢</sup> |
| طين ( روبة ) |  |   |

✱ هناك طريقة أخرى وهي الحصول على معلومات عن طبيعة الأرض المرغوب التأسيس عليها وهي السؤال والتقصي عن ما تم معرفته من التأسيس للمباني المجاورة ، وهذه الطريقة أيضاً ليست مرضية ، لأن التربة تختلف أيضاً في المسافات القصيرة خاصة وإن طبقات الأرض تأتي إحداها فوق الأخرى ، ولكن هذه الطريقة للاستدلال فقط .

✱ في المباني الهامة لا بد من عمل اختبارات لقطع الشك باليقين وتتلخص في :

(١) قوة تحمل التربة التي ستقام عليها الأساسات .

(٢) عمق الأساس .

(٣) التكوين الجيولوجي للطبقات المختلفة وتم شرحها باستفاضة لجميع الاختبارات ( بالجزء الأول ) دراسة الموقع .

ثالثاً : والجدول الآتي يبين أنواع التربة المختلفة ومقدار الجهد الواقع عليها :

| جهد الضغط كجم / سم <sup>٢</sup> |      | نوع التربة                                |
|---------------------------------|------|---|
| إلى                             | من   |   |
| ٥٠                              | ٢٥   | أرض مردومة من فترة طويلة                  |
| ١٠٠                             | ٧٥   | أرض طينية متوسطة المقاومة ( تربة رطبة )   |
| ١٢٥                             | ١٠٠  | أرض زراعية طينية مبلولة ( تحت مياه الرش ) |
| —                               | ٢٠٠  | أرض صفراء مندرجة جيداً وجافة              |
| —                               | ٤٠٠  | أرض سوداء صلبة متناكسة وجافة              |
| —                               | ٢٠٠  | أرض سوداء                                 |
| —                               | ١٠٥٠ | أرض سوداء صلبة متناكسة وجافة              |
| —                               | ١٠٥٠ | أرض طينية مبللة                           |
| —                               | ١٠٠٠ | أرض طمي التل                              |
| ٤                               | ٢٠٠٠ | أرض رملية حرشة جافة أو رطبة               |
| ٣                               | ٢٠٠٠ | أرض حصي ورمل غير مندرجة جيداً             |
| —                               | ٤٠٠٠ | أرض حصي ورمل مندرجة في بعضها              |
| ٤                               | ٣٠٠٠ | أرض حصي غليظ                              |
| ٤٠٠٠                            | ٢٠٠٠ | أرض صخور وأحجار                           |
| —                               | ١٥٠٠ | أرض رمل وزلط متحجر ( بلمفة )              |

أما إذا كانت الطبقة المطلوب التأسيس عليها مرتكزة على طبقة أخرى أقل صلابة وجهداً فيجب ألا يقل سمك طبقة التأسيس المذكورة عما هو موضح بالجدول الآتي حتى يمكن استعمال الجهود المبينة في الجدول السابق فإذا ما قلت الطبقة الصلبة عن سلك الجدول الآتي فيستعمل الجهد المسموح به في الطبقة السفلى الأقل صلابة وجهداً .

| أقل سمك مطلوب بالتر |     | نوع طبقة التأسيس                                       |
|---------------------|-----|--|
| إلى                 | من  |  |
| ٣٢٠٠                | ٢٠٠ | الطبقات الحجرية أو الصخرية الصلبة                      |
| ٤٠٠                 | ٣٠٠ | الطبقات الطينية أو الطفلية الجافة                      |
| ٤٠٠                 | ٣٠٠ | طبقات الزلط المدموج                                    |
| ٦٠٠                 | ٤٠٠ | الطبقات الرملية الغير منتظر تعرضها لتيارات مائية سفلية |

## ملاحظات عامة على التأسيس :

قبل البدء في عمل الأساسات تزال من الموقع جميع المواد العفنة أو العضوية أو البقايا الحيوانية أو النباتية ، لأن هذا يؤثر على الأساسات الجديدة أو على صحة العمال أو على مكان هذه المنشآت في المستقبل .

إذا كان بالموقع أى أساسات أو مباني قديمة فيجب إزالتها تماماً لتلاقي التأسيس في مبنى واحد على أساسات قديمة في بعض أجزائه وأخرى حديثة في الأجزاء الباقية . أما إذا تحم التأسيس على الأساسات القديمة في جزء من المبنى وبعد التأكد التام من سلامة هذه الأساسات فيمكن البناء فوقها على أن تفصل تلك الأجزاء المقامة على البناء فوقها على أن تفصل تلك الأجزاء المقامة على الأساسات القديمة عن باقي المبنى بعمل فواصل هبوط .

يجب أن يكون الأساس مرتكراً على طبقة متجانسة في جميع أجزائه ، ولا يجوز التأسيس على أنواع مختلفة من التربة يجب عمل فواصل هبوط بين تلك الأجزاء وبعضها .

يجب أن يكون توزيع الأحمال على الأرض تحت الأساسات منتظماً تماماً بحيث يكون جهد الضغط واحداً في جميع أجزاء المبنى على نوع الواحد من التربة .

إذا كان أى جزء من المبنى يتعرض لقوى جانبية أو لا مركزة من أى نوع فيجب مراعاة ذلك في تصميم وإنشاء كل جزء من المبنى لضمان تحمل هذه القوى ونقلها بأمان إلى طبقة الأرض الأصلية بدون أن تتعدى الجهود المسموح بها للمواد أو الضغوط على الأرض وللاحتكاك ، فإذا كانت قوى الاحتكاك بين الأساس وطبقة الأرض لا تكفي لضمان سلامة المبنى ضد الحركة الجانبية يتخذ الاحتياط اللازم بدق ستائر حول الأساسات أو ربطها إلى أجزاء ثابتة أو بأى طريقة أخرى .

إذا كان الموقع الذى سيقام عليه المبنى مرتفع وعجاور مباشرة أو على مسافات قريبة منه أرض منخفضة انخفاضاً كبيراً بحيث تكون أساسات المبنى الجديدة أعلى من سطح الأرض المنخفضة فيجب الاحتياط من هروب أو تحرك تربة الأرض تحت الأساسات ، وذلك بدق ستائر أو عمل حوائط سائدة حول الموقع من جهة تلك الأرض إذا كان بطبقة الأرض التى سيقام عليها المبنى ميل طبيعى كبير .

يعتبر عمق الأساس قريباً من سطح الأرض إذا وجدت الطبقة الصالحة للتأسيس على عمق غايته متران ويعتبر العمق متوسطاً لغاية ٥ متر ويعتبر العمق كبيراً لأكثر من ذلك ويتنخب نوع الأساس تبعاً لذلك كما سيأتى ذكره .

جدول يبين معامل الانتفاش لأنواع التربة المختلفة :

| معامل الانتفاش | وزن المتر المكعب | نوع التربة               |
|----------------|------------------|--------------------------|
| ١٧ —           | ١٣٠٠             | طينية جافة               |
| ٢١ —           | ١٧٠٠             | طينية ما بين جافة ومبتلة |
| ٢٤ —           | ١٩٠٠             | طينية مبتلة              |
| ١٢ —           | ٢٠٠٠             | رملية جافة               |
| ١١ —           | ٢٢٥٠             | رملية مبتلة              |
| ١٢ —           | ١٩٠٠             | زلطية جافة               |
| ١١ —           | ٢٠٠٠             | زلطية مبتلة              |
| ٢٠ —           | ١٨٠٠ — ١٣٠٠      | طمي                      |
| ٢٠ —           | ٢٢٠٠ — ١٨٠٠      | طمي متماسك               |
| ٢٠ —           | ١٧٠٠             | طفالية                   |
| ٦٦ — ٧٩ —      | ٢٦٠٠             | أحجار جيرية              |
| ٣٥ —           | ٢٤٠٠ — ١٢٠٠      | صخور مكسرة               |



ونظراً لحاجتنا لمعرفة أوزان التربة المختلفة وزوايا الميل الطبيعي يستعمل الجدول التالي .

### جدول يوضح أوزان أنواع التربة المختلفة وزوايا الميل الطبيعي بالدرجة

| المادة                      | الوزن كجم / م <sup>٣</sup> | زاوية الميل الطبيعي بالدرجة |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| أتربة مردومة                | ١٥٠٠                       | ٣٧°                         |
| انقراض ناعمة من هدم المباني | ١٥٠٠                       | ٥٠°                         |
| رمل جاف                     | ١٧٠٠                       | ٣٥°                         |
| رمل رطب مدكوك               | ١٩٠٠                       | ٣٢°                         |
| رمل مشبع بالماء المدكوك     | ٢١٠٠                       | ١٦° - ٢٤°                   |
| طينة مشبعة بالماء المدكوك   | ١٦٠٠ - ١٨٠٠                | ٤٨°                         |
| طينة زراعية جافة            | ١٨٠٠ - ١٩٠٠                | ٤٥°                         |
| طينة زراعية مشبعة بالماء    | ١٩٠٠ - ٢٠٠٠                | ١٧° - ٢٠°                   |
| أرض طفالية جافة             | ١٧٠٠                       | ٥٠°                         |
| أرض طفالية رطبة             | ١٩٠٠                       | ٤٥°                         |
| أرض طفالية مشبعة بالماء     | ١٩٠٠                       | ١٥°                         |
| زلط رفيع                    | ١٨٠٠                       | ٣٨° - ٤٥°                   |
| زلط مخلوط برمل              | ٢٣٠٠                       | ٢٦° - ٣٥°                   |
| زلط مخلوط بطفل              | ٢٣٠٠                       | ٣٨°                         |
| طمي نيل                     | ١٧٥٠                       | ٣٥°                         |

رابعاً : والجدول التالي يبين جهد الاحتكاك لأنواع التربة المختلفة للتربة على محيط الخوازيق التي تعمل بجهد الاحتكاك .

| أنواع التربة       | الجهد كجم / سم <sup>٢</sup> مساحة محيط الخوازيق |
|--------------------|---|
| طمي وطنين لين      | ٠,٨ إلى ١,٥ %                                   |
| طمي مدكوك          | ٠,٦ إلى ١,٧ %                                   |
| طمي طين + رمل رفيع | ٢ إلى ٤ %                                       |
| رمل + طين رفيع     | ٢٥ إلى ٥٠ %                                     |
| رمل                | ٣ إلى ٩ %                                       |

خامساً : التربة ذات المشاكل :

أ - تعريف التربة ذات المشاكل :

هي التربة التي تسبب مشاكل إضافية من وجهة النظر الهندسية نتيجة لظروف تكوينها أو التغير في الظروف البيئية المحيطة . وتوجد أنواع كثيرة من هذه التربة ولكن ستقوم بالعرض المفصل لأكثر الأنواع انتشاراً بمصر وهي .

(ب) التربة القابلة للانتفاخ .

تعرف التربة القابلة للانتفاخ على أنها التربة التي تعطى نسبة

انتفاخ عالية عند امتصاصها للماء كما أنها تعطى نسبة انكماش عالية عند خروج الماء منها . وتتوقف نسبة الانتفاخ على زيادة الكثافة الجافة وزيادة نسبة الطين خاصة الطين ذو الفاعلية العالية مثل معدن المتيموريلايت وكذلك انخفاض نسبة الرطوبة الطبيعية .

ومن خصائص هذه التربة أنها صلبة وتحتل قيمة عالية لمقاومة القص وذلك في حالتها الجافة الابتدائية - أما في حالتها الرطبة فإنها تفقد تلك الخاصية بوضوح .

## التربة القابلة للانهار :

المارل : marl

وهو حجر طيني جبرى وعادة تزيد نسبة كربونات الكالسيوم به عن ٣٥٪ ومن الشائع في مصر أن يطلق على جميع الأنواع السابقة « تربة طفلية » وينصح من أجل التحديد أن يطلق عليها « طين طفلى » حسب مكوناته .

ج - أنواع التربة القابلة للانهار :

اللويس : loess

هى تربة خاصة من أنواع التربة المترسبة بالهواء والتي تنتشر في معظم أنحاء العالم وتوصف بأنها عبارة عن تجمع من تراب مهب الرياح وهى عبارة عن ترسيبات كتلية ضخمة يصل سمكها في بعض الأحيان إلى مئات الأقدام ولا يوجد بها أى نوع من التركيب الطبقي . وتتكون معظم حبيباتها من الطمي الناتج من معادن الكوارتز والفلسبار . والكالسيت والميكا مع وجود معادن أخرى كمعادن لاصقة بين الحبيبات والتي يسببها يظهر هذا التكوين على أنه صلب نسبياً في الحالة الجافة فقط ولكن سرعان ما ينهار وهذا التكوين عند تعرضه للتبلل وزيادة الحمل . ومن أهم تلك المواد اللاصقة كربونات الكالسيوم والطين . ومن الشائع في مصر أن يطلق على هذا النوع أيضاً « تربة طفلية » وينصح من أجل التحديد أن يطلق عليها « طمي طفلى » حسب مكوناته .

التربة الرملية المتاسكة :

وهي التربة ذات الحبيبات الخشنة مثل الطمي والرمل والزلط الرفيع ونسبة الفراغات بها كبيرة نسبياً . ويرجع قوة تحملها الظاهري إلى وجود مواد لاصقة بين الحبيبات مثل الجبس وكربونات الكالسيوم وأكاسيد الحديد والمواد الطينية .

ومن الشائع في مصر أن يطلق على هذا النوع أيضاً « تربة طفلية » وينصح من أجل التحديد أن يطلق عليها « رمل طفلى حسب مكوناته » .

(٣) الكثبان الرملية : sand dunes

هى أكثر الترسبات الهوائية انتشاراً والتي توجد في معظم الأحيان بالقرب من شواطئ البحار وبالقرب من الحدود ما بين الصحراء والأراضي الزراعية ومن الممكن تواجد تراكيب الكثبان الرملية على شكل التكوين الطبقي وحيثياته في معظم الأحيان مستديرة الشكل نتيجة العامل الميكانيكي للتعرية السائد في مثل هذه الظروف .

التربة الرملية السائبة : loose granular soils

وهي التربة ذات الحبيبات الخشنة ذات تركيب سائب والتي توجد في معظم الأحيان فوق منسوب المياه الأرضية وعند

تعرف التربة القابلة للانهار على أنها التربة التي من الممكن أن تتحمل جهد قيمته عالية نسبياً مع قيمة هبوط منخفضة وذلك في حالة وجود نسبة رطوبة طبيعية منخفضة جداً وكثافة جافة منخفضة نسبياً . أما في حالة تعرض تلك التربة لكمية رطوبة مرتفعة فإنها سرعان ما تغطى قيمة هبوط مرتفعة مصحوبة بانهار في تكوين التربة الداخلى .

ومعظم تلك التربة تتكون من رمل وطين مع نسبة صغيرة من الطين مع وجود أنواع مختلفة من المواد اللاصقة .

التربة الطينية اللينة :

تعرف على أنها التربة التي لها قيم منخفضة لمقاومة القص وفي معامل القوام كما أنها لها قيم عالية للضغط الثانوى وسلوك الزحف .

أنواع التربة القابلة للانتفاخ :

الشيل : shale

يطلق هذا التعبير على كل الترسبات التي تحوى على نسبة من الطين والتي توجد في حالتها الطبيعية في حالة صلابة وعلى هيئة طبقات رقيقة متتالية ومتوازية ( تكوين طباقى ) من الطين الطمى والرمل مع الجيود لأخذ صفات الطين أكثر من المكونات الأخرى .

والألوان التي توجد عليها الشيل والتي تعتمد على طبيعة حوض الترسيب وهى في معظم الأحيان الرمادى ، الأحمر ، الأصفر ، الأخضر ، أو خليط منهم .

الحجر الوحلى : mud stone

وهو حجر طيني رمل طمى في حالة متاسكة وصلبة ولا يتميز بوجود طبقات رقيقة متوازية وليس به أى تشققات طبيعية وذو تكوين حبيبي ويوجد في معظم الأحيان على هيئة كتل .

الحجر الطيني : clay stone

وهو حجر طيني طمى في حالة متاسكة وصلبة إذا تعرض للكسر عادة ما ينقسم إلى كتل مخروطية غير منتظمة .

الحجر الطمى : silt stone

وهو حجر طمى طينى معظم تكوينه من الطمى في حالة متاسكة وصلبة .

(٧) الحجر الوحلى المتحول : Argillite

وهو حجر طمى رمل متحول ولكن في الحالة البدائية من التحول ودرجة صلابته أكبر بكثير من الحجر الوحلى وهو تكوين كتل وليس به أى صفات من التطاق .

تعرض هذا التكوين للهزات الناتجة عن الإنشاء الخشبي به  
ينتج عنها هبوط ذو قيمة مرتفعة .

#### د - أنواع التربة الطينية اللينة :

##### ١ ( الطين عادى الضغوط :

هو طين ذو قوام لين إلى متوسط وقد تضغط عند تكوينه  
بتأثير وزن عمود التربة الحالى فوق هذا الطين .  
ومقاومة هذا الطين اللين ضعيفة جداً وذو حساسية مرتفعة  
وإذا تعرض لزيادة فى الحمل تنح هبوط ذو قيمة كبيرة على المدى  
البعيد .

##### ٢ ( التربة العضوية اللينة : Fibrous organic soils

وهي التي تحتوي على كمية كبيرة من المواد العضوية سواء  
كانت على هيئة ألياف أو على هيئة غراويات وعادة ما يكون  
تكوينها ضعيف وينتج عنه هبوط ذو قيمة كبيرة جداً تحت تأثير  
زيادة فى الحمل المؤثر . ومن أنواع البنية الترسبية لهذا التكوين :  
البحيرات والمستنقعات والأنهار .

##### ٣ ( البيت ( الحث ) peat

وهي بقايا نباتية ناقصة ذات تكوين إسفنجي تكونت في  
المستنقعات والأماكن الرطبة ولذلك يكون اللون السائد لذلك  
التكوين هو الأسود أو البنى القاتم .

##### ٤ ( التربة الطينية العضوية ) muck

عبارة عن تربة طينية لينة معظم تكوينها من المواد العضوية  
المتحللة .

##### الطين الحساس القابل للإمالة : sensitive quick clay

يعرف على أنه الطين الذي تبلغ مقاومته للقص في الحالة  
المقلقلة ٢٥٪ أو أقل من تلك التي في الحالة الغير مقلقلة كما  
أن نسبة الرطوبة الطبيعية لمثل هذه الأنواع تكون مساوية أو  
أكبر من حد السيولة لها . والبيئة الترسبية لهذا التكوين هي  
البيئة البحرية والتكوين الخبيث هو ( تكوين طيني طمى ذو  
هيكل مفرغ الذي إذا خرج منه الماء سرعان ما يؤدي إلى انهيار  
هذا التكوين .

##### السبخة : Sabkha

هي طين طمى يحتوي على نسبة كبيرة من الأملاح . والبيئة  
الترسبية لهذا التكوين هي البيئة البحرية نتيجة لعمال المد  
والجزر والتأثيرات الجوية .

#### هـ ( أنواع أخرى من التربة ذات المشاكل :

##### ١ ( الردم : Fills

وهو خليط من القمامة والأفقاظ والتربة المفككة .

#### ٢ ( التربة الكيميائية القابلة للانتفاخ :

chemically swelling soils

##### أولاً : خصائص التربة المتفخمة :

يتصور الكثرين أن التربة المتفخمة هي بعض أنواع التربة  
الطينية فقط ولكن يحتر هذا الفهم خاطئاً .. فقد وجد أن بعض  
الصخور تتمدد نتيجة تغيرات كيميائية بها أو بسبب وجود  
عروق من الميكا أو بتحليل الفلسبار والبروكسين خاصة في  
الصخور المترسبة Sedimentary rocks كما أثبت التجارب أن  
تأكسد البيريت وهو أحد عناصر الحديد في بعض الصخور  
بسبب تعرضه للهواء ينتج عنه انتفاش وتعدد ... أما التربة  
الرملية فمن المعروف أن هناك ظاهرة تسمى ظاهرة الزيادة  
الحجمي bulking والتي يمكن تعريفها على أنها الزيادة في حجم  
وزن معين من الرمل بتأثير الرطوبة كنتيجة لتغليف حبيبات  
الرمل بالماء وهي ظاهرة تختلف عن ظاهرة الانتفاش وبالنسبة  
للتربة الطينية فقد وجد أن الطمي الذي به نسبة عالية من الطين  
يحدث به انتفاشاً طاهراً أما إذا كانت نسبة الرمل والمواد العضوية  
أكبر فيحدث تمدد أقل ويظهر الانتفاش والتمدد في التربة الطينية  
clay soils بوضوح وهو ما يقتصر عليه في دراستنا الحالية  
ونستطيع أن نلخص انتفاش التربة الطينية فيما على :

١ ( من المعروف أن حبيبات الطين أقل في القطر من حبيبات  
الطمي وقطر الحبيبات يبدأ من ٠.٠٠٢ م فأقل وأساس تكوين  
الطين هي هيدروسيليكات الألومنيوم (  $Al_2 Si O_5 H_2 O$  )  
hydro aluminum silicates وتلتصق هذه الحبيبات مع بعضها  
مكونة طبقة رقيقة جداً تحصر فيما بينها طبقة من الجبسيت  
وبعض المعادن الأخرى ذات الجزيئات الرقيقة جداً ... يمثل هذا  
السدوتش شريحة من الطين تتجمع مجموعات وطبقات أخرى  
فوق بعضها مكونة التربة الطينية يحدث الانتفاش والتمدد عادة  
عندما تصل نسبة من الرطوبة أو الماء لهذه الطبقات والشرائح .  
٢ ( من المعروف أن للطين ثلاثة معادن رئيسية في تكوينه :  
المعدن الأول : وهو ما يسمى التتوموريليت  
montmorillonite ولوجود نسبة عالية من الجبسيت gibbsite  
في هذا المعدن فظهر شراطة لامتصاص المياه والرطوبة وعلى  
الرغم من أن سلك الشريحة الكاملة منه تساوي ١٠ انجستروم  
فإن هذا السلك يصل إلى حوالي ٢٠٠ - ٤٠٠ انجستروم بعد  
امتصاصها كمية من الماء تعادل ١٠ انجستروم .

أما المعدن الثاني : وهو الأيليت illite فإن المادة المحصورة  
من شرائح الطين هي أيونات البوتاسيوم ولهذا فإن الأيليت أقل  
شراطة لامتصاص المياه من المونيموريليت ولذلك فدرجة  
انتفاشه وتعدده أقل .

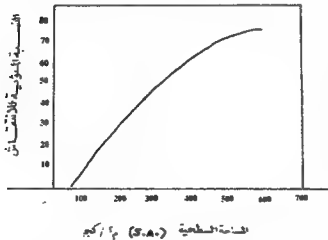
الخارج لكي تبقى العينة بدون ارتفاع أو زيادة حجمية عند إضافة الماء .

ولها وقد أجريت أبحاث كثيرة لمعرفة قيمة ضغط الانتفاش والعوامل المؤثرة فبين أن العوامل المؤثرة على قيمة ضغط الانتفاش كالآتي :

نسبة المونوموريلونيت في الطين أو بمعنى آخر نوع التربة الطينية - المساحة السطحية للميوبيات - حد اللدونة - كمية الرطوبة - درجة الحرارة - عمق الطبقة الطينية . الزمن .. إلخ ويجدر بنا أن نذكر هنا العلمان هولتر وجيبيسي (١٩٥٦) قد أثبتا أنه كلما زاد دليل اللدونة plasticity indese كلما كان معدل الزيادة الحجمية والانتفاش كبيراً وكلما كان حد الانتفاش قليلاً . ويوضح الجدول التالي هذه النتائج .

| التغير الحجمي | دليل اللدونة | حد الانكماش |
|---------------|--------------|-------------|
| قليل          | صفر - ١٥     | أكثر من ١٢  |
| متوسط         | ١٥ - ٣٠      | ١٢ - ١٠     |
| كبير          | أكثر من ٣٠   | صفر - ١٠    |

وقد أثبت رنج (١٩٦٦) أن زيادة المساحة السطحية ينتج عنها زيادة حجمية كبيرة وبين المنحنى التالي العلاقة بين المساحة السطحية (S.A) والنسبة التربة للانتفاش .



رابعاً : قيم ضغط الانتفاش :

ظهرت في السنوات الأخيرة معادلات كثيرة من قيمة ضغط الانتفاش للتربة وبعض العوامل المؤثرة في ذلك .

فقد أعطى سيدجيتال (١٩٦٢) المعادلة التالية :

$$SP = 2.2 \times 10^{-3} IP^{2.44}$$

حيث إن :

$$SP = \text{swelling potential}$$

ضغط الانتفاش

أما المدن الثالث والأخير : فهو الكاولينيت kaolinite وبعض منه يطلق عليه الصلصال الصيني وهو أقل المعادن امتصاصاً للمياه ولهذا فهو أقل انتفاشاً وتعدداً .

وتوجد أنواع أخرى من الطين مثل التيتونيت والبروفيليت والكلوريت والفروميسكيليت وهذه جميعاً يتوقف معدل انتفاشها على نتيجة نسبة وجود التوفوريلونيت فإذا كانت نسبته عالية تكون درجة التمدد كبيرة والعكس .

ثانياً : مظاهر التربة المتضخنة في الطبيعة :

يمكن لمهندس التنفيذ ما إذا كانت التربة الموجودة بالموقع من النوع المتمدد أم لا ونوجز بعض المظاهر التي إذا توفر واحد منها أو بعضها يمكن الحكم على هذه التربة بأنها تربة متمددة ويوضح ذلك في الاعتبار أو يتم عمل تجارب معملياً أخرى :

(١) صعوبة تكسير التربة المتمددة باليد أو بالأصابع في حالة جفافها تماماً .  
(٢) الأحرف edges تكون حادة sharp ورقيقة جداً في حالة التربة الجافة .

(٣) تتكون من مجموعات من الطبقات بعضها فوق بعض .  
(٤) تكون لزجة وتلتصق بمجلات السيارات وبالأحذية عندما تكون رطبة .

(٥) عند إلقاء كتلة في حدود ١ كجم من ارتفاع حوالي ١ م فإنها تنكسر إلى أجزاء قليلة ولكن لا تنفتت .

(٦) في حالة إلقاء كرة من التربة الرطبة على لوح زجاجي من الارتفاع نصف متر مثلاً ثم أمنا اللوح الزجاجي لتتكون الكرة جهة الأرض من أسفل وطرقنا على اللوح عدة طرقات فإن الكرة لا تنفصل من السطح الزجاجي .

(٧) في حالة إضافة قليل من الماء لعينة من التربة موضوعة في طبق فإنه يظهر زيادة في حجمها بوضوح .

(٨) في حالة إضافة قليل من الماء إلى التربة فإنه يمكن سحبها بين الأصابع حتى قطر ٣ م بالإضافة إلى سهولة تشكيلها .

(٩) وجود تشققات وشروخ واضحة جداً في التربة الجافة تماماً .

ثالثاً : ميكانيكية الانتفاش والأسباب المؤثرة عليه :

يمكن تلخيص ميكانيكية التمدد بالآتي :

(١) تمدد وانتفاش بسبب ميكانيكية تغيرات كيميائية طبيعية .

(٢) تمدد وانتفاش بسبب تأثيرات ميكانيكية

ونتيجة لتمدد التربة وزيادة حجمها يظهر ما يسمى كضغط الانتفاش swelling press ويمكن تعريف ضغط الانتفاش بأنه هو الضغط الرأسى المطلوب كطبيعة على عينة محصورة من

$$PSV (K_g/l) = 0.102 W_{om} - 1.455 \gamma_d + 1.186$$

حيث إن :

$$W_{om} = O.M.C$$

أقصى نسبة رطوبة

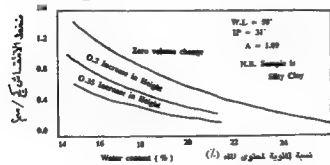
$$\gamma_{dm} = O.P.D$$

أقصى كثافة جافة

وقد أثبت ماكسويل (١٩٥٦) بأن الانتفاش يكون واضحاً جداً ويظهر بصورة كبيرة في حالة الأحمال الموزعة بالتساوي وتكون قيمتها أقل من  $\gamma_m$

وقد أثبت كثير من الباحثين بأن نسبة الانتفاش تقل بزيادة العمر كما أنها تقل أيضاً إذا كانت التربة قد سبق تحميلها وقد أثبت العلماء ميشيل وشان (١٩٦٢) بأنه كلما كانت الأحمال السابقة على التربة كبيرة كلما كان معدل الانتفاش صغير - كما أثبت التجارب بأنه كلما كانت المياه نقية كان معدل الانتفاش كبيراً وذلك بسبب تركيز الأيونات .

أما بالنسبة للعلاقة بين المتغير الحجمي وضغط الانتفاش فقد بين ذلك داوسون (١٩٥٦) في أمثاله واستنتج المنحنى التالى



خاصة : درجات التمدد :

يبين الجدول التالى درجات التمدد وما يقابلها من قيم لدليل اللبونة ونسبة المواد الغريبة .

| الدرجة                          | النسبة المئوية لـ | الخاصة  | القياس     |
|---------------------------------|-------------------|---------|------------|
| أكثر من ٣٠ درجة طبيعية          | ٣٠ - ٢٠           | ٢٠ - ١٠ | أكثر من ١٠ |
| أكثر من ٢٥                      | ٢٥ - ٢٠           | ٢٥ - ١٠ | أكثر من ١٠ |
| أكثر من ٢٠                      | ٢٠ - ١٠           | ٢٥ - ١٠ | أكثر من ١٠ |
| أكثر من ١٠                      | ١١ - ١            | ١٨ - ٨  | أكثر من ١٢ |
| أكثر من ٢٥ درجة طبيعية ونسبة لـ | ٢٥ - ٢٠           | ٢٠ - ١٠ | أكثر من ١٠ |
| أكثر من ٢٥ درجة طبيعية          | ٢٥ - ٢٠           | ٢٥ - ١٠ | أكثر من ١٠ |
| أكثر من ٢٠ درجة طبيعية          | ٢٠ - ١٠           | ٢٥ - ١٠ | أكثر من ١٠ |
| أكثر من ١٠ درجة طبيعية          | ١١ - ١            | ١٨ - ٨  | أكثر من ١٢ |

النسبة المثوية لدليل اللبونة

$$IP = P.I (\%)$$

$$A = \text{activity of soil} = IP / CS$$

النسبة المثوية لمحتوى الطين

$$C = \% \text{ of clay}$$

$$PSV = 0.046 WL - 1.572$$

$$= 0.057 IP - 0.666$$

ضغط الانتفاش كجم / سم<sup>٢</sup>

النسبة المثوية لحد السيولة (%)

النسبة المثوية لدليل اللبونة (%)

وقد ربط عدد من الباحثين من تأثير عوامل أخرى مثل الكثافة ونسبة الرطوبة والأحمال وبين ضغط الانتفاش .

وقد ذكر سورز و كيندى (١٩٦٧) أن العلاقة بين النسبة المثوية لضغط الانتفاش (PSV) ونسبة الرطوبة (RW) علاقة خطية (مقياس لوغاريتمى) وقد حددوا في أبحاثهم أن النسبة للرطوبة :

$$\frac{W - WP}{IP} = I_L = RW$$

حيث إن :

نسبة الرطوبة الأصلية (الابتدائية)

دليل السيولة

أما كومورنيك وأدفيد (١٩٦٩) فقد حددوا العلاقة التالية :

$$\log PSV = 2.132 + 0.0208 (WL) + 0.000665 \gamma_d - 0.0269w$$

حيث إن :

ضغط الانتفاش كجم / سم<sup>٢</sup>

النسبة المثوية لحد المياه

الكثافة الابتدائية كجم / م<sup>٣</sup>

النسبة المثوية لمحتوى الماء الابتدائي (نسبة الرطوبة)

وقد استنتج ناياك وكيمليستين (١٩٧١) للمعادلة التالية :

$$PSV = 2.5 \times 10^{-3} (W.P)^{1.12} \frac{C^2}{W^2} + 0.52$$

حيث إن PSV مقطرة بالكجم / سم<sup>٢</sup> وباقي الكميات كسب

مئوية

$$SP = 2.29 \times 10^{-2} (WP) 1.45^{C/W} + 6.38$$

حيث إن قيمة WP,C مستنتجة من تجربة بروكتور

القياسية .

وقد حصل الملمان الهنديان جانيشان وكريشناثورتى (١٩٧٧)

على المعادلة التالية بعد إجراء تجارب عديدة على التربة

المضغوطة :

## الطين النهري المكتسب حالة الانتفاخ :

### alluvial swelling soils

هو الطين النهري الذي يحتوى على نسبة عالية من معادن الطين النشطة والذي كان يوجد في حالة تشبع ولكن عند انخفاض منسوب المياه الأرضية وتعرضه للجفاف أصبح له قابلية الانتفاخ .

## الطين الطفل المكتسب حالة الليونة :

### Softened overconsolidated clay

هو الطين الجفاف الذي أزيل عنه عمود التربة ثم تشبع بالمياه وتقل مقاومته للقص بصورة كبيرة وقد يتحول إلى طين لين .

## التربة المتأثرة من عوامل التعرية :

وهي نواتج تكسير الصخور بعوامل التعرية المختلفة التي منها الميكانيكية والكيميائية وتبقى في مكانها دون أن تتعرض لإعادة ترسيب أو تنظيم وبالطبع تختلف كلها عن الصخور الأصلية المحيطة من ناحية التكوين المعدني والكيميائي . وتكون تلك التربة تربة منقولة ومترسبة في مياه بحرية أو نهريّة في عصر جيولوجي قديم ثم تعرضت لعوامل تعرية كيميائية أو ميكانيكية بعد هذا العصر أدت إلى تحويلها إلى تربة ذات مشاكل . وفي هذه الحالة يكون أصل التربة هو ذلك العصر الجيولوجي القديم ذات أصل منقول أما العصر الجيولوجي الذي أدى إلى تحول التربة إلى تربة ذات مشكلة فهو عصر حديث نسبياً وتعتبر في هذه الحالة من وجهة النظر الهندسية تربة متبقية ..

### الجلجود : Boulders

وهي قطع صخرية كبيرة الحجم يزيد قطرها عن ٢٥٦ سم وقد قاومت عوامل التعرية في مراحل تحويلها وبقيت مكانها وسط مكونات التربة المتبقية الأخرى وتسبب مشاكل خاصة للإنشاء الهندسي من ناحية الحفر ومن ناحية الاستكشاف

## الرمال القابل للإسالة : Liquefied sand

وهو رمل ناعم الحبيبات ذو تركيب سائب ويوجد تحت منسوب المياه الأرضية . وإذا تعرض هذا الرمل للقلقلة أو الاهتزاز سرعان ما تتحول خواصه إلى خواص المواد السائلة ويفقد مقاومته للقص .

## معالجة التربة وطرق التأسيس :

من الطرق المستخدمة لمعالجة التربة القابلة للانهيار للتأسيس أساسات سطحية هي إزالة التربة حتى عمق مناسب ودمكها لتقليل القابلية للانهيار بصورة مقبولة . وكذلك طرق التكثيف المختلفة سواء بالهرس السطحي أو الدق السطحي أو الاهتزاز مع الغمر .

## سادساً : الاحتياطات الواجب مراعاتها عند التأسيس على تربة متمددة :

يراعى عادة تفادى التأسيس على تربة لها خاصية الانتفاخ أو إقامة منشآت خرسانية على هذه التربة ما لأنواع من التربة وفي حالة الاضطرار للتأسيس على هذه الأنواع من التربة يجب أخذ الاحتياطات التالية في الاعتبار :

(١) إبعاد مصادر المياه بقدر الإمكان عن أماكن الأساسات وذلك بوضع مواسير المياه المغذية للمبنى ومواسير الصرف الصحي في أماكن بعيدة عن المبنى مع تغليف هذه المواسير بخرسانة في حالة وضعها بالقرب من المبنى .

(٢) زيادة عمق التأسيس وذلك لإبعاد القواعد والأساسات عن مصادر المياه والتأثر بها .

(٣) وضع مخدات من الرمل السائب الغير مذكوك تحت القواعد وحولها بأسمك لا تقل عن ٥٠ سم .

(٤) غمر أماكن القواعد بالمياه لمدة لا تقل عن ثلاثة أيام مع عمل نقط مياه في أماكن مختلفة من المبنى وملئها بالمياه لمدة ثلاثة أيام حتى تشبع هذه التربة بالمياه وإعادة حفر أجناب هذه القواعد .

(٥) يفضل عادة أن تكون القواعد مستديرة الشكل وليست مربعة أو مستطيلة على أن لا يقل سمك هذه القواعد عن ١٠ م .

(٦) يفضل الردم حول الأساسات والميدات برمال سائبة بدون دك أو رش مياه ويكون الردم حول الميدات بأسمك لا تقل عن ٥٠ سم على أن يكون تسليح الميدات لا يقل وقطاعها كبير سواء بالنسبة للعرض أو العمق .

(٧) يراعى أن تكون الإجهادات المتولدة من المبنى لا تزيد عن ١٠ كجم / سم<sup>٢</sup> وفي حالة زيادتها عن ذلك يفضل زيادة مسطح القواعد .

(٨) يلزم عدم الردم أسفل الأرضيات أو حول الأساسات بنتائج الحفر من هذه التربة .

(٩) في حالة وجود رقائ أعمدة يلزم أن تكون بقطاع مناسب ( كبير ) بمرض لا يقل عن ٣٠ سم وتسليح طول لا يقل عن ١٦ م وكانت بقطر لا يقل عن ٢٠ سم .

(١٠) يتم عمل رصيف حول المبنى بمرض لا يقل عن ٢ م على أن تكون جميع غرف التهفّيش والمخاض خارج هذا الرصيف .

(١١) في حالة اختراق خوازيق لهذه التربة يراعى وضع ذلك في الاعتبار عند تصميم الخوازيق .

(٣) من الأفضل دائماً وجود طبقة صلبة نسبياً أسفل طبقة التربة القابلة للاهتزاز وذلك لينعكس عليها جزء من طاقة الدمك مما يسهل عملية الدمك . وتوجد هذه الحالة في الطبيعة كثيراً عندما توجد التربة القابلة للاهتزاز المنقولة فوق طبقات كثيفة من التربة المتخربة على مركبات الحديد .

(٤) في حالة التربة ذات عتوى الرطوبة العالي فإنه من المفضل وجود طبقة منفذة أسفل الطبقة القابلة للاهتزاز وذلك للسماح بتثبيت ضغط مياه الفراغات الذى يتولد أثناء الدمك وتوجد هذه الحالة في الطبيعة عندما يكون هناك أسفل الطبقة القابلة للاهتزاز طبقة من الحصى الرقيق أو الزلط .

#### ب ( المراسات الاهتزازية : vibratory rollers

أشارت النتائج التى أمكن الحصول عليها باستخدام هذه المراسات بأنه بالرغم من استخدام أساليب مختلفة مع المراسات الاهتزازية إلا أن الكثافة على عمق حوالى ١,٠٠ متر لم يكن زيادتها بواسطة المرس السطحي .

ومع ذلك فقد أمكن الحصول على نتائج جيدة إذا أزيلت التربة القابلة للاهتزاز حتى العمق المطلوب ثم أعيدت على هيئة طبقات سمك كل منها حوالى ٣٠ سم مع دمك كل طبقة على حدة باستخدام المراسات السطحية مع وضع كمية الماء المناسبة والتي تغطي أقصى كثافة جافة ويعتمد عمق الطبقات المدموكة على أحمال المنشآت ودرجة القابلية للاهتزاز للطبقات العميقة ..

#### ٣) التكتيف بالثق السطحي :

##### densification by surface ponding

يظهر من طبيعة التربة القابلة للاهتزاز أن طريقة الدق السطحي أو التى تسمى أيضاً الدمك ( التضاضغط ) الديناميكي dynamic consolidation تكون مناسبة تماماً لتكتيف التربة ومع ذلك فإن هذه الطريقة غير شائعة بسبب ارتفاع تكاليفها . تتوقف كفاءة هذه الطريقة على نوع التربة القابلة للاهتزاز وكذلك الطبقات الموجودة أسفلها .

#### ٤) التكتيف بالاهتزاز مع الغمر : vibrofloatation

استخدمت هذه الطريقة بنجاح لزيادة جهد تحمل التربة القابلة للاهتزاز . وفي هذه الطريقة يتم دمك عن طريق الجمع بين الاهتزاز والغمر . ويمكن زيادة قدرة تحمل التربة للإجهادات بواسطة التكتيف مع استعمال أعمدة من الزلط تعمل كخزائيق وهذه الطريقة تناسب التربة القابلة للاهتزاز التى لا تتخوى على نسب عالية من المواد الناعمة .

وإذا كانت قابلية التربة للاهتزاز عالية يفضل استبدالها بتربة رملية حتى عمق مناسب مع دمك تربة الاستبدال . ويمكن كذلك تثبيت التربة وإن كانت طرق التثبيت للتربة القابلة للاهتزاز ما زالت تحت الدراسة من ناحية التطبيق .

أما عندما تكون طبقات التربة القابلة للاهتزاز ذات عمق عمود وتقع أسفلها طبقات غير قابلة للاهتزاز فإنه يمكن استعمال أساسات عميقة لنقل أحمال المنشآت إلى هذه الطبقات السفلية الصلبة .

#### معالجة التربة : ( ١ ) الإزالة والدمك :

في هذه الطريقة تزال التربة القابلة للاهتزاز حتى عمق معين ثم تزد وتدمك التربة المزالة نفسها ( ناتج الحفر ) ويجب تعيين خواص التربة وبصفة خاصة منحني التدرج الحبيبي وحلود القوام حتى يمكن تقدير درجة وطريقة الدمك المناسبة ويجب بصفة عامة أن يجري الدمك عند نسبة رطوبة أعلى من النسبة النخل وذلك للتغلب على المشاكل التى قد تنشأ نتيجة انهيار التربة المدموكة ..

#### ٢) التكتيف بالمرس السطحي :

##### Densification by surface rolling

#### أ ( مراسات الصدم : impact rollers

أمكن تحقيق نتائج جيدة باستخدام مراسات الصدم مع بعض أنواع التربة الرملية القابلة للاهتزاز وقد أشارت هذه النتائج إلى أنه بعد ٣٠ مرة من مرور مرس صدم تم تحقيق كثافة تزيد عن ١٠٠٪ من الكثافة الخاصة بتجربة الدمك المعدلة في عمق ما بين صفر و ١,٠٠ متر و ٩٣٪ عند عمق ٤ متر . ويدل ذلك على قدرة كبيرة لمراسات الصدم في تحسين خواص التربة القابلة للاهتزاز بالموقع . ومع ذلك لم تعط هذه الطريقة نتائج جيدة مع بعض أنواع التربة الأخرى مثل الرمل الطمي المنقول بواسطة الهواء وزيادة الكثافة الناتجة عن استخدام مراسات الصدم يؤدي إلى تحسين كاف لخواص الاهتزاز باستخدام الأساسات السطحية التقليدية للمنشآت ذات الأحمال الخفيفة . وبصفة عامة فإنه يجب دراسة ظروف الموقع جيداً قبل تقرير ما إذا كان سيحدث باستخدام طريقة مراسات الصدم أم لا . وفي هذه الحالة يجب أخذ العوامل الآتية في الاعتبار :

- (١) يجب أن تكون التربة بالقرب من سطح الأرض ذات مقاومة قص عالية لمقاومة انهيار التربة تحت تأثير عجل المرس .
- (٢) في حالة وجود ترابط بين حبيبات التربة بواسطة مواد ناعمة فإنه يلزم التغلب على هذا الترابط أثناء المرس بإضافة الماء أو أى طريقة ميكانيكية أخرى .

**٥) استبدال التربة : Soil replacement**

في حالات ما تكون القابلية كبيرة للانحيار وإذا لم تعط أى من الطرق السابقة نتائج مرضية فإنه ينصح باستبدال التربة الطبيعية القابلة للانحيار . ويتوقف عمق الطبقات التى سيتم إزالتها على درجة الانحيار المتوقع حدوثه عند حمل التشغيل وعلى درجة تضغط باقى التربة أسفل الجزء المستبدل . وعادة تبدل الطبقات السطحية برمل مليس جيد التلرج . وهذه الطريقة مكلفة نسبياً نظراً لأنها تشتمل على تكاليف الحفر وإزالة التربة الطبيعية ونقلها ثم الإحلال والدمك ويجب بالطبع دمك تربة الإحلال على طبقات طبقة للمواصفات لتعطى جهد تحمل التربة المطلوب . وفى كثير من الأحيان فإنه يمكن استخدام نفس التربة الطبيعية المزالة فى حالة تأثيرها بالدمك على طبقات وباستخدام نسبة الرطوبة المناسبة بحيث يقلل ذلك من درجة انحرافها إلى القيمة المسموح بها ويتم تعيين هذه القيمة معملياً على عينة تم دمكها .

ويمكن استخدام الأنسجة الصناعية geosynthetics لتقوية طبقات الاستبدال وفى هذه الحالة يقل السمك الكلى لطبقات

الإحلال وبحيث نحصل على نفس قدرة تحمل الطبقة للإجهادات . ويتوقف قرار استعمال الأنسجة الصناعية مع تقليل سمك طبقة الإحلال أو عدم استعمالها مع زيادة السمك على دراسة مقارنة للتكاليف فى الحالتين . ويتوقف اختيار النوع المناسب للأنسجة الصناعية على نوع التربة والأحمال وقيمة المبوط المسموح به للمنشأ وينصح بعمل الأنسجة الموضوعة فى داخل تربة الاستبدال . ويؤخذ فى الاعتبار مدى كفاية الأنسجة الصناعية مع الزمن .

**٦) تثبيت التربة : Soil stabilization**

بالنظر إلى طبيعة الانحيار يظهر أن استخدام بعض أنواع مثبتات التربة سيكون له تأثير جيد . وعموماً يكون دور المادة المثبتة للتربة إما تقوية الروابط بين الحبيبات أو ملء الفراغات جيداً بينها . ومعظم هذه المواد المثبتة غير متوفرة فى مصر ومن المتوقع أن تكون غالية الثمن نسبياً بالمقارنة بتكاليف الطرق الأخرى . ولم تتوفر حتى الآن معلومات كافية عن نتائج مرضية نتيجة استخدام هذه الطريقة . وعلى هذا فإن طريقة تثبيت التربة من المجالات المفتوحة للبحث والتطبيق فى المستقبل القريب .



## الباب الثالث

### التأسيس على الصخر

قبل البدء في شرح قدرة التحميل على الصخر أن تعرف أنواع الصخور :

أ) يضطر المهندسون أحياناً إلى التعامل مع أنواع مختلفة من الصخور والأحجار والتربة أثناء أعمال الإنشائات التي يقومون بها سواء لأساسات هذه المنشآت أو موادها أو أعمال الحفر والردم المطلوبة لها . وهذا يستلزم وجود طريقة بسيطة للتعرف على كافة أنواع الصخور والتربة المحتملة التعامل معها ونوضح كيفية التعرف على الصخور والأحجار والتربة من الناحية الجيولوجية البسيطة فقط دون استخدام المصطلحات الجيولوجية المتخصصة .

ب) وقد بنيت طريقة التعرف على الصخور هنا على مجموعة من الفحوصات الكيماوية والطبيعية البسيطة فمثلاً في بعض الحالات يمكن التعرف على الصخور من حبيباتها ومعرفه مكونات هذه الحبيبات وفي حالات أخرى كالصخور دقيقة الحبيبات فإنه يجرى التعرف عليها من مظهرها العام ونتائج بعض الاختبارات القليلة البسيطة .

جـ) تتكون الأدوات المطلوبة لعملية الفحص والتصنيف من سكينه صلب وحلول مخفف من حامض الهيدروكلوريك في زجاجة مزودة بقطارة ( درجة تركيز الحامض ١٠٪ ) بالإضافة إلى عدسة مكبرة صغيرة ذات قوة تكبير ٦ : ١٠ مرات .

د) يجب أن تكون عينات الفحص نظيفة ونم فصلها لحينها ... وكبيرة لدرجة تسمح برؤية تركيب وبناء صخور

هذه العينة . فبعض الخصائص المميزة مثل ظهور بعض المعادن المكونة للصخور لا يمكن مشاهدتها في العينات الكبيرة . كما يجب ألا تكون العينة كبيرة - لدرجة تجعل تداولها عملية صعبة ونختار قطر الأحجار ٥×١×٧,٥ سم عينات مناسبة لذلك .

#### التقسيم العام للصخور :

يوضح الجدول التالي تقسيماً عاماً للأنواع الرئيسية للصخور ويظهر فيه تقسيم الصخور أولاً إلى صخور نارية أو رسوبية أو متحولة طبقاً لأصل تكوينها ثم يقسم كل نوع من هذه الأنواع الثلاثة طبقاً لقسم كل نوع من هذه الأنواع الثلاثة طبقاً لخصائصها الفيزيائية أو تركيبها ولما كانت معظم خصائص الصخور تعتمد على كيفية تكون هذه الصخور فإن وضع التقسيم الصحيح في هذا الجدول والذي روعي فيه أصل كل نوع والتحويلات المختلفة فيما بينها يجعل عملية التعرف على أي نوع من الصخور عملية سهلة .

#### أ) الصخور النارية :

١) تتصلب الصخور النارية من كتل ساخنة ثابتة من المادة الصخرية ( ماخما ) التي تنطلق من داخل الأرض . ويرد النوع البركاني منها ( اكستروسييف ) من الماخما ( اللافا ) على سطح الأرض أو قريباً منه أما النوع الأيتروسييف منها فيتبلور داخل القشرة الأرضية وعموماً فإن الصخور النارية أيأ كانت وأسلوب تكوينها فإنه يمكن تقسيمها اعتماداً على خاصيتين رئيسيتين هما التركيب المعدني والنسيج البناي .

#### التقسيم العام للصخور

#### الصخور النارية : متصلة من حالة ذاتية

| الأصل    | الصيغ المائل                        | اللون  |               |
|----------|-------------------------------------|--------|---------------|
|          |                                     | فاتح   | غامق          |
| اتروسييف | حبيبات خشنة يسهل تمييزها            | جرانيت | جايرو دايوريت |
|          | حبيبات خشنة ناعمة جداً يصعب تمييزها | قلسيت  | بازلت         |

| الأصل               |                     | النسيج السائد                   | اللون  |
|---------------------|---------------------|---------------------------------|--------|
|                     |                     |                                 | فاتح   |
| اكستروسيغ (بركانية) | زجاجى               | سبيج (أوبسيديان)                |        |
|                     | برغوة / مزبد / غثنى | خفاف                            | سكوربا |
|                     | ركامى               | أثرية بركانية - رماد فحمى - كتل |        |

## ٢) النسيج البنى :

معظمها من طبقات متوازية تفصل بطبقات أخرى منقطعة وتمثل كل طبقة منها فزة من فترات ترسب المواد الرسوبية . كما تمثل الصخور الرسوبية حوالى ٧٥٪ من الصخور المكونة لسطح الكرة الأرضية وتتكون هي أساساً بنسبة حوالى ٩٥٪ من خليط الطفل والحجر الرمل والحجر الجبرى .

٢) ويتكون أحد النوعين الرئيسيين من الصخور الرسوبية ( clastic ) أساساً من أجزاء صخور قديمة التحمت ببعضها بالسيلىكا وأكسيد الحديد أو تكلست بتأثير المياه الجوفية ويقسم هذا النوع طبقاً لحجم الحبيبات ثم يصنف إلى تقسيم تالى طبقاً للتركيب .

٣) أما النوع الرئيسى الثانى من الصخور الرسوبية فهو النوع الكيمائى الذى تكون أساساً من المترسبات الكيماوية أو البيوكيماوية أو المواد العضوية تكونت تحت سطح مياه البحر الضحلة الغنية بالمواد المعدنية الذائبة ، ويقسم هذا النوع طبقاً لتركيبه الكيمائى ثم يصنف إلى تقسيم تالى طبقاً للنسيج ( textine ) أو بعض الخصائص الأخرى .

## ج) الصخور المتحولة :

١) تتكون الصخور المتحولة من صخور سابقة التكوين بتأثير الحرارة والضغط والتأثير الكيماوى للسوائل فى الأعماق البعيدة للأرض ويمكن رؤية هذه الصخور فى مناطق القشرة الأرضية التى تعرضت للتآكل لمعق كبير ويقسم هذا النوع إلى قسمين رئيسيين طبقاً للتكوين ثم يصنف إلى تقسيم تالى طبقاً للتكوين والخصائص الفيزيائية .

٢) الصخور المتحولة الصفاتية ( foliated ) تتميز بشكل صفائحي أو رقائقى واضح موزعة فى طبقات دقيقة تختلف فى تركيبها المعدنى .

٣) الصخور المتحولة الكتلية ( massive ) ليس لها شكل واضح لتركيب معين وتتكون عموماً من

يطلق لفظ النسيج البنى على الخصائص الشكلية مثل الحجم - الشكل وترتيب الحبيبات المعدنية والجزيئات التى تكون الصخر . وفى معظم أنواع هذه الصخور يبنى النسيج من بلورات مختلفة مختلطة ومتداخلة مع بعضها ويبدو ذلك واضحاً خصوصاً فى الأنواع كثيرة البلورات .

ويختلف شكل النسيج لهذه الصخور طبقاً لأسلوب تصلب الماجما الأصل . فالماجما التى بردت ببطء فى الأعماق البعيدة للأرض تنتج نسيجاً ذا بلورات كبيرة للدرجة يمكن تمييزها بسهولة ، أما الماجما التى بردت بسرعة فقد نتج عنها تركيب بلورى ناعم جداً لا يمكن تمييز بلوراته بالعين المجردة وكمثال على الأنواع التى بردت الماجما فيها بسرعة كبيرة جداً الزجاج الطبيعى الذى تكون من الماجما بدون بلورات وعند البرودة بسرعة فائقة قد تنحصر بعض فقاعات الهواء التى تضاف إلى نسيجه ويصبح ( معششاً ) .

## ٣) التركيب المعدنى :

يعتمد التركيب المعدنى واللون للصخور النارية على التركيب الكيمائى للماجما الأصلية ( فالماجما السيليك ( silicic magme ) غنية بالسيلىكون والألومنيوم ومكونة للصخور الفاتحة اللون المركبة أساساً من معادن بيضاء / زرقاء / حمراء / وردية . أما الماجما المافيك ( mafic ) فهي غنية بالحديد والمغنسيوم مكونة الصخور الفاتحة اللون المركبة أساساً من معادن رمادية / خضراء / سوداء / بنية .

## ب) الصخور الرسوبية :

١) تتكون الصخور الرسوبية من تراكبات فئات أو بقايا الصخور الصلبة والمترسبات الكيماوية والمواد العضوية بالضغط والالتحام والمواد العضوية بالضغط والالتحام والتبلور وبشكل

### الصخور النارية : تحول تحت تأثير الضغط والحركة والوسائل الكيميائية المختلفة

| التركيب        | المصنف  | نوع الصخر           |
|----------------|---|---------------------|
| رغامي<br>مغامي | حبات ناعمة إلى خشنة - عروق ذات تركيب متحول حبات التركيب - ينكسر على شكل كتل | بازلت<br>Oreolite   |
|                | حبات ناعمة إلى خشنة - طبقات متدلية ورفلة                                    | شست<br>Schist       |
|                | حبات ناعمة جداً - متحول إلى رغامي ورفلة                                     | سليت<br>Slate       |
| كحل            | نفاً حبات كوكوز مصهرة   | كوكزيت<br>Quartzite |
|                | نفاً كتلت أو حبيبات   | رنام                |

### ج ( الفلدسبار : Feldspar )

أحد مكونات الصخور . صلب جداً . ومعتم البلورات ذات المقطع المستطيل والأسطح المتعادلة ويحيط الفلدسبار المتبلور مكون رئيسي من مكونات الصخور النارية وصخور النيس والشست ويتخذ ألوان وردية أو حمراء أو عاجية عندما يحتوي البوتاسيوم وعموماً تختلف ألوانه باختلاف المواد المكونة له ويتأثر الفلدسبار بالعوامل الجوية مختلفاً وراءه مكونات وعناصر الطين والأملاح الذائبة في الماء .

### د مجموعة الميكا : Mica

تظهر على شكل صفائح رقيقة جداً طرية شفافة ذات بريق زجاجي أو متلألئ وعادة يظهر على شكل كتل بضم غدة صفحات وتتواجد الميكا في الصخور الجرانيتية أو النيس أو الشست وتحلل الميكا يبطئ إلى مكونات الطين .

### هـ ( الأمفيبول amphiboles أساساً المورنند : )

صلب وكثيف وزجاجي ويتواجد أساساً في الصخور النارية المتوسطة والغامقة وفي أحجار النيس والشست ويوجد عادة ( كما تكون ) على شكل إبري رفيع وبلوراته لها مقطع يشبه مقطع لماس والأنواع الخضراء الغامقة أو السوداء عادة صلبة والألوان الرمادية أو الخضراء تتواجد في الرخام أو الشست وتحلل الأمفيبول بسرعة إلى مكونات الطين وأكاسيد الحديد والكربونات المائية .

### و ( مجموعة البيروكسين Pyroxenes أساساً الأوجيت : )

صلب وكثيف جداً وزجاجي إلى راتنجي يتواجد أساساً في الصخور النارية الغامقة ودرجة أقل في الصخور النيس والشست ويوجد عادة كما تكون على شكل بلورات قصيرة مربعة المقطع وقد يوجد على شكل بلورات حبيبية كما في صخور الجابرو وقد يوجد في الطبيعة نقياً على شكل كتل من البيروكسين مكونة صخر البيروكسيت ويتواجد غالباً على ألوان

معدن واحد ويمكن أن تكون على شكل بلورات أو كتلة من الحبيبات المتصهرة .

### المعادن المكونة للصخور :

أ ( تحير المعادن مواد كيميائية طبيعية غير عضوية ذات خواص طبيعية وكيميائية مميزة ولذلك تسمى الصخور علمياً بأسماء تدل على مكوناتها المعدنية وتستخدم هذه الحقيقة كوسيلة ثانوية عند تقسيم تصنيف أنواع الصخور المختلفة في البند التالي للصخور ذات التركيب المعدني الواضح ، ويوضح الجدول التالي أهم المعادن المكونة للصخور ويتضح منه أن المعادن الأولية ( primary ) تتواجد في الصخور النارية ، أما المعادن الثانوية التي تتكون بتحول المعادن الأولية نتيجة تفاعلها مع الهواء والماء ولقربها من سطح الأرض تتواجد في باقي الصخور .

ب ( الكوارتز (سيليكات) : أحد مكونات الصخور صلب جداً له بريق زجاجي أو شمعي وهو يختلف الألوان فلما أبيض أو رمادي ، وتعتبر الشوائب سبباً في ظهور ألوان أخرى للكوارتز . وعموماً فهو يشبه الزجاج الصناعي إلى حد كبير وتظهر بلوراته على شكل منشور سداسي ويظهر الكوارتز في الصخور النارية أو المتحولة على شكل حبيبات غير منتظمة مختلطة بمواد أخرى، أما في الصخور الرسوبية فيظهر على شكل حبيبات زاوية أو مستديرة ( خاصة في الحجر الرملي ) وعلى اختلاف عن المكونات الأخرى للصخور فإن الكوارتز لا يتأثر كيميائياً بعوامل التعرية .

### الصخور الرسوبية : عروبة وصلبة من كسر الأحيار وطبقات المواد المتصلبة

| الجيوت                  | المكون السائد                                       | نوع الصخر                                  |
|-------------------------|---|--|
| كلاسيك ( طوائف من قطع ) | قطع صخرية أكبر من ٢ م                               | ملاويز<br>Conglomerate<br>برشيا<br>Pebbles |
|                         | حبات متدلية (أسماك كوكوز) ذات حجم من ١/١٦ م إلى ٢ م | حجر رمل                                    |
| أحمر كلاسيك كيميائي     | جزيئات من طين وطمي ذات حجم أقل من ١/١٦ م            | طال<br>Slate                               |
|                         | طبقات ورفلة بركانية ناعمة كالسيت                    | طب ٢٠٠٠ حبر جوي                            |
|                         | جوليت   | جوليت                                      |
|                         | بلوريت - سيليكات دهنية                              | شوت<br>Chert                               |

مقاومة للمحاثيل الحامضية ويتميز ببطء تفاعله مع حامض الهيدروكلريك المخفف ويتواجد عادة في نفس ظروف الجير .

( ك ) ليمونيت Limonite :

طرى له لون بني مصفر أو بني محمر ذو حبيبات ناعمة ويحترق عاملاً مشتركاً ومادة لاحقة للصخور الرسوبية وهو المكون الأساسي لصخور اللاتريت .

( ل ) مكونات الطين :

عبارة عن رقائق لينة عادة ما تغطط بالشوائب من الأنواع المختلفة من مكونات الصخور خاصة السيليكا والليمونيت والجير ويشكل الطين الجزء الأكبر من التربة وأحجار الطفل والأردواز ويشكل الطين بمكوناته أيضاً أهم شوائب الأحجار وتتميز هذه المكونات بطعمها ورائحتها المميزة .

**أسلوب التعرف على الصخور :**

( أ ) يوضح الجدول ( الذى بين الأسلوب المبسط للتعرف على الصخور ) الذى بنى على مظهر وخصائص عينات الصخور الطازجة التنظيف .

( ب ) وتبمع خطوة أساسية لتقسيم الصخور بتصنيفها إلى ٦ أقسام عامة اعتماداً على مظهرها العام وبإجراء بعض الفحوص الفيزيائية والكيميائية البسيطة يمكننا الوصول إلى صورة أكثر تحديداً حتى نصل لنوع الصخر بين أيدينا .

( جـ ) إذا لم يسعفنا الجدول الموضح في التعرف السريع والدقيق على نوع الصخر فإنه يمكننا الاستعانة بالهند الذى يتضمن وصفاً تفصيلياً للأنواع الرئيسية للصخور .

تختلف من الأخضر إلى البنى إلى الأسود أو الرمادى ويتحلل إلى بنى بسرعة إلى مكونات الطين وأكاسيد الحديد والكربونات المذابة .

( ز ) الأوليفين ( زيتونى ) Olivine :

صلب جداً وكثيف يتكون على شكل حبيبات خضراء مصفرة أو خضراء زيتونية غامقة أو بنى زجاجية المظهر ويتواجد في الصخور الغنية بالحديد خاصة الجابرو والبازلت ويتحلل الأوليفين إلى أكاسيد الحديد والسيليكا المذابة .

( ح ) الكلوريتات :

طرى جداً بلون أخضر رمادى إلى أخضر غامق وله مظهر براق ويتواجد على شكل قشور أو كتل أو رقائق في الصخور المتحولة خاصة الشست ويتكون الكلوريتات من الأمفيبول والبيروكسين بعوامل التعرية والتحول .. ويتحلل هو بعد ذلك بنفس العوامل إلى مكونات الطين وأكاسيد الحديد .

( ط ) الجير ( الكالسيت ) :

طرى عادة لا لون له أو أبيض اللون ويتميز بسرعة تفاعله مع حامض الهيدروكلريك وهو المكون الرئيسى للقشريات البحرية ويتواجد كما تكون على شكل زجاجى غامق ذو بلورات صخمة ويدخل في تركيب الرخام كحبيبات دقيقة أو خشنة وحبيبات مستديرة مخملخة أو مدكوكة في الحجر الجيري ويعتبر مادة لاحقة في الصخور الرسوبية ويتحلل بنواته في المياه الحامضية أو المحتوية على أكسيد الكربون .

( ي ) الدولوميت : Dolomite :

يشبه إلى حد كبير الجير ويختلف عنه أنه أكثر صلابة وأكثر

### جدول يبين المعادن المكونة للصخور

| م                      | الاسم   | التركيب   |
|------------------------|---|---|
| <b>المعادن الأولية</b> |   |   |
| ١                      | كوارتز ( سيليكا )                                     | ثاني أكسيد السيليكون  |
| ٢                      | مجموعة الفلدسبار<br>فلدسبار البوتاسيوم<br>بلاجيوكلاسى | سليكات البوتاسيوم والألمنيوم .<br>سليكات الصوديوم والكالسيوم والألمنيوم .           |
| ٣                      | مجموعة الميكا<br>مسكوفيت<br>بيوتيت                    | سليكات البوتاسيوم والألمنيوم .<br>سليكات البوتاسيوم والمغنسيوم والحديد والألمنيوم . |

| م                | الاسم                                 | التركيب   |
|------------------|---------------------------------------|---|
| ٤                | مجموعة الأفيول<br>هورنبلند            | خليط من مركبات السليكات أساساً .<br>الكالسيوم والمغنسيوم والحديد والألومنيوم .  |
| ٥                | مجموعة البيروكسين<br>أوجيت<br>أوليفين | سليكات الكالسيوم والحديد والمغنسيوم والألومنيوم .<br>سليكات الحديد والمغنسيوم . |
| المعادن الثانوية |                                       |   |
| ١                | كلورايت                               | سليكات الحديد والمغنسيوم والألومنيوم .  |
| ٢                | كالسيت                                | كربونات الكالسيوم   |
| ٣                | دولوميت                               | كربونات الكالسيوم والمغنسيوم .  |
| ٤                | بيرويت                                | أكاسيد حديد .   |
| ٥                | مجموعة الطين                          | خليط من مركبات السليكا المحتوى على بعض المعادن .                                |

#### الخصائص الهندسية للصخور :

سنوضح في الفقرات التالية مختصر عام لتعريف الخصائص الهندسية للصخور كما سنوضح في الجداول التالية ، تقييم الصخور الرئيسية بالنسبة للخصائص الهندسية المذكورة وبعض الخواص الطبيعية الأخرى .

( أ ) الصلابة **tough ness** : عبارة عن المقاومة للكسر أو السحق وتقاس هذه الخاصية في الموقع بمحاولة كسر الحجر بالمطرقة أو مقياس مقاومته للاختراق بمثقاب .

( ب ) الصلادة **Hardness** : عبارة عن مقاومة الخدش أو التآكل نتيجة البرى وتقاس في الموقع بمحاولة خدش الحجر بسكينة صلب فالحجارة الطرية تخدش بسهولة أما الصلدة فيصعب أو يستحيل خدشها بالسكينة .

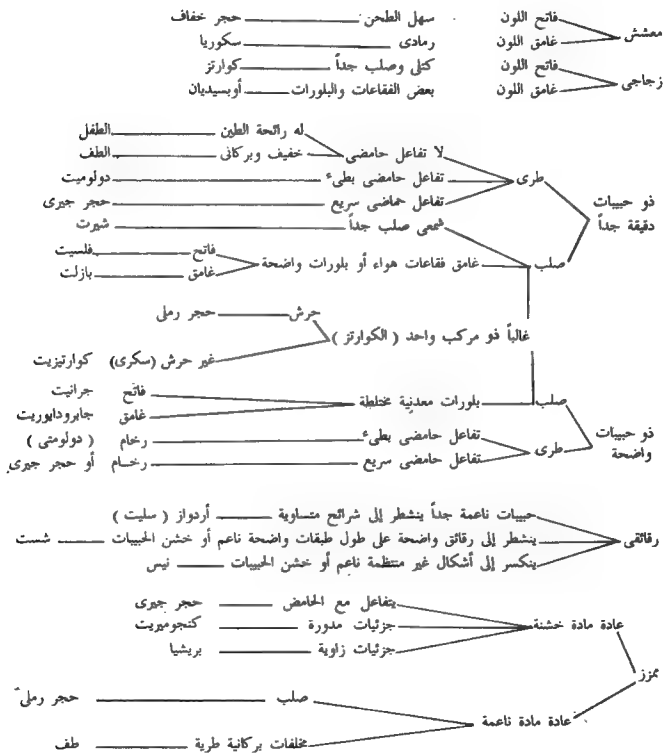
( ج ) المتانة **Durability** : عبارة عن مقاومة التفكك نتيجة تغير التعرض للجفاف والبلل والتجمد وذوبان الجليد وتشاهد في الموقع بمراقبة تأثير العوامل الجوية على سطح المعرض للصخر .

( د ) الثبات الكيماوى **Chemical stability** : عبارة عن مقاومة التفاعل مع المواد القلوية في الأسمنت البورتلاندى فبعض أنواع الصخور تخوى أشكال مختلفة من شوائب السيليكا التى تتفاعل مع القلويات في الأسمنت تتكون مادة جيلاينية تمتص الماء وتتمدد في الخرسانة المتصلبة مسببة شروخ في هذه الخرسانة ويمكن التعرف على هذه الخاصية بمقارنة الصخر بنوع منه استخدام ركامه في خرسانة موجودة ومراقبة أى تغيرات في هذه الخرسانة .

( هـ ) شكل الكسر **crushed shape** : تعطى الصخور التى تنكسر إلى أجزاء غير منتظمة الشكل أفضل أنواع ركام المنشآت حيث يسهل دكها جيداً نتيجة تداخلها مع بعضها مع أعضاء توزيع حمل جيد في جميع الاتجاهات . أما الصخور التى تنكسر إلى أجزاء مستطيلة أو شرائح فإنه يصعب دكها مع أعضاء توزيع حمل غير جيد .

( و ) خصائص السطح **Surface character** : يقصد بهذه الصفة أساساً قوة التماسك التى يلبسها سطح أجزاء الصخر بعد تكسيهه فالأنواع التى تعطى سطحاً ناعماً جداً مانعاً للامتصاص يصعب التصاقها بالمواد اللاصقة ( الأسمنت ) وبالتالي تقل مقاومتها للأحمال أما الأنواع التى تعطى سطحاً خشناً فإنه تعطى الترابط المطلوب أما السطح الخشن جداً فإنه تقاوم الدك وتتطلب مواد أسمنتية كثيرة .

## أسلوب مبسط للتعرف على الصخور



## جدول يبين تقويم الخصائص الهندسية لبعض الصخور

| نوع الصخر    | الصلابة | الصلادة | الثانة        | الثبات الكيماوي | خصائص السطح    | شكل الكسر      |
|--------------|---------|---------|---------------|-----------------|----------------|----------------|
| الجرانيت     | جيد     | جيد     | جيد           | ممتاز           | مقبول إلى جيد  | جيد            |
| ديوريت       | ممتاز   | ممتاز   | ممتاز         | ممتاز           | ممتاز          | جيد            |
| بازلت        | ممتاز   | ممتاز   | ممتاز         | ممتاز           | ممتاز          | مقبول          |
| فلسيت        | ممتاز   | جيد     | جيد           | ممتاز           | مقبول          | مقبول          |
| بريشيا       | ضعيف    | ضعيف    | ضعيف          | متغير           | جيد            | مقبول          |
| الحجر الرمل  | متغير   | متغير   | متغير         | جيد             | جيد            | جيد            |
| الطفلي       | ضعيف    | ضعيف    | ضعيف          | جيد             | جيد            | ضعيف           |
| الحجر الجيري | جيد     | جيد     | مقبول         | جيد             | جيد            | جيد            |
| الشبوت       | جيد     | ممتاز   | ضعيف          | ضعيف            | مقبول          | ضعيف           |
| نيس          | جيد     | جيد     | جيد           | ممتاز           | جيد            | مقبول إلى جيد  |
| شست          | جيد     | جيد     | مقبول         | مقبول           | ضعيف إلى مقبول | ضعيف إلى جيد   |
| أردواز       | جيد     | جيد     | مقبول إلى جيد | ممتاز           | جيد            | ضعيف إلى مقبول |
| كوارتزيت     | ممتاز   | ممتاز   | ممتاز         | ممتاز           | جيد            | مقبول          |
| رخام         | جيد     | مقبول   | جيد           | جيد             | جيد            | جيد            |

**ز) الكثافة Density :** هي وزن أو حدة الهجوم وتؤثر الكثافة على أعمال الحفر والحاجر وتعطى مؤشراً هاماً لخصائص الصلابة أو الثانة كما أن الكثافة قد تعتبر عاملاً رئيسياً عند اختبار نوع معين من الأحجار لعمل هندسي معين .

**وصف بعض أنواع الصخور :**

**أ) الجرانيت :** عبارة عن صخر بلوري صلب كتلي فاتح اللون يتكون أساساً من فلدسبار البوتاسيوم والكوارتز عادة مع الميكا والمورنيلند وتندرج ألوانه من الأبيض إلى الرمادي مع ظلال وردية أو حمراء بنية وعموماً فالجرانيت صلب ومقاوم للكسر ومتين مع الزمن تشهد بذلك آثار القراعة ويصلح لأساسات المباني وركام لجميع أنواع الإنشاءات (خرسانية - طرق) والأنواع ذات الحبيبات الناعمة منه أكثر صلابة ومتانة عن الأنواع ذات الحبيبات الخشنة ويحلل أسرع إذا تعرض لتغيرات حادة مستمرة في درجات الحرارة أو بتأثير الصقيع . ويجب أن نلاحظ أن الأنواع ذات الحبيبات الخشنة جداً من الحجر الجرانيتي أو العينة بالكوارتز لا تتحجم جيداً بالمواد اللاصقة خاصة الأسفلت ويجب أن تستخدم بعض المواد المضادة للانفصال (stripping) عندما يستخدم الجرانيت في الرصف

**ب) الفلسيت :** عبارة عن صخر ذي حبيبات دقيقة جداً وتندرج ألوانه من فاتح إلى الرمادي المتوسط أو الوردي أو الأحمر أو البرتقالي أو الأرجواني أو الرمادي بني فاتح ويحتوي الفلسيت عادة على بلورات كبيرة من الكوارتز أو الفلدسبار وبعض الفلسيت صلباً وكثيفاً مثل الجرانيت ولكنه ينكسر إلى شظايا ورقائق خاصة إذا كان ذا حبيبات دقيقة جداً ويحتوي معظم أنواع الفلسيت على السليكا التي تسبب التفاعل القلوي من الأسمنت البورتلاندي ولكن إذا أهملنا ذلك يعتبر الفلسيت ركاماً جيداً لكافة الأغراض الإنشائية .

**ج) الجابرو والدايوريت :** يشكّلان مجموعة من الصخور الكثيفة الصلبة ذات البلورات الخشنة والألوان الغامقة التي تتكون أساساً من معدن واحد أو عدة معادن والفلدسبار ولما كان من الصعب التعرف على هذين النوعين من الصخور منفصلين في الموقع فقد سميا باسم واحد وهو (الجابرو دايوريت) ويختر الدايوريت أحد أنواع الجرانيت القامق ويتركب أساساً من البلاجيوكلاس مع المورنيلند والبيوتيت

والأوجيت وبدون أي كوارتز أو بوتاسيوم فلدسبار .

( و ) **الحجر الخفاف** : حجر معشش ذو لون فاتح يطفو على سطح الماء بسبب فقاعات الغاز الكثيرة به والمتجاربة والتي تغطيه أيضاً خاصية العزل ويمكن استخراجه من الحجر بأدوات الحفر العادية ويستخدم في الخرسانة الخفيفة ضعيفة القوة ويستخدم معه أتمنت خاص منخفض القلوية .

( ز ) **السكروريا** : يشبه هذا الصخر إلى حد كبير خبت الأفران وهو ذو مظهر حجري أو زجاجي أو خليط من هذين النسيجين وله لون أحمر بني إلى رمادي غامق أو أسود ويحتوي السكروريا على فقاعات هواء أكبر وأكثر تباعداً من تلك التي توجد في الحجر الخفاف ولذلك فالسكروريا أكثف من الحجر الخفاف أو أكثر صلابة منه ويستعمل هذا الحجر في الخرسانات الخفيفة ويستخدم معه أتمنت خاص منخفض القلوية .

( ج ) **الكنتجولوميرات والبريشيا** : يشبه هذا الصخر في مظهره الخرسانة العادية حيث يحتوي على حبيبات كبيرة في حجم الزلط يصل بينها تركيب من حبيبات أكثر نعومة ويتواجد هذا الصخر على درجات متفاوتة من التركيب والشكل ويتميز بخصائصه الهندسية الغير جيدة ولذلك يجب تجنبه في الإنشاءات ولكنه قد يستخدم بعد طمحه تحت الأساس في الطرق والمطارات .

( ط ) **الحجر الرمل** : حجر ذو حبيبات متوسطة إلى خشنة صلب ذو مظهر خشن ( حرش ) يتكون أساساً من رمل ( ١/١٦ م إلى ٢ م ) وحبيبات الكوارتز وأحياناً فاللدسبار وكالسيت أو طين وتتنوع خصائص الحجر الرمل طبقاً لتنوع تركيبه فالحجر الرمل المكون من الكوارتز النظيف المتلاحم بالسليكا أو أكاسيد الحديد يمثل مادة جيدة للإنشاءات أما الحجر الرمل المحتوي على الطين فهو ضعيف أقل صلابة وأقل متانة ويجب تجنبه في الإنشاءات .

( ي ) **الطفل** : عبارة عن حجر رسوبي طري مركب من حبيبات دقيقة جداً من الكوارتز ( طمي ) ومواد طينية وسليكا وأكسيد حديد ومواد طينية ولاحمة من الكالسيتو ويتشكل الطفل في الطبيعة في طبقات رقيقة ويطحن إلى رقائق وله طعم ورائحة الطين ويتواجد عادة مع طبقات الحجر الرمل أو الحجر الجيري وتفتح مجاور الطفل بالأدوات العادية دون استخدام التفجير وهو يمثل مادة إنشائية ضعيفة إلا إذا استخدم كخام لصناعة الطوب .

( ك ) **الطف** : حجر ذو كثافة أقل طري يتركب أساساً من حبيبات وأتربة بركانية دقيقة وألوانه الأبيض والأصفر والرمادي والوردي والبنّي الفاتح والرمادي البني الغامق وله بعض رائحة

( د ) **البازلت** : عبارة عن حجر دقيق الحبيبات صلب كثيف غامق الألوان يتدرج من الرمادي الغامق إلى الأسود أو الأخضر مسود أو بني وتناثر البلورات الكبيرة في تركيبه من مواد الزيتوني الأوجيت أو البلاجيوكلاس كما تتناثر به أيضاً بعض فقاعات الغاز والنوع ذو الحبيبات الخشنة من البازلت يسمى ( الديايز ) ورغم أن البازلت ينكسر إلى رقائق بحجم ٢ - ٣ سم إلا أنه يعتبر أحد أنواع الركام الممتازة .

( هـ ) **الأوبسديان** : عبارة عن حجر غير صلب لامع عادة ذو لون أسود أو بني أو أحمر ويحتوي على فقاعات هواء متناثرة وبلورات واضحة وهو مثل الزجاج وهو حجر غير الصناعي ينكسر إلى شظايا حادة الأطراف وهو حجر غير ثابت كيميائياً ضعيف ولا يصلح كركام للمباني .

#### جدول يبين الكثافة المتوسطة لبعض الصخور

| الصخر        | جم / سم <sup>٣</sup> | رطل / قدم مكعب |
|--------------|----------------------|----------------|
| الجرانيت     | ٢,٦٥                 | ١٦٥            |
| سبثيت        | ٢,٧٤                 | ١٧١            |
| فلسيت        | ٢,٦٦                 | ١٦٦            |
| ديوريت       | ٢,٩٢                 | ١٨٢            |
| جابر         | ٢,٩٦                 | ١٨٥            |
| ديابير       | ٢,٩٦                 | ١٨٥            |
| بازلت        | ٢,٨٦                 | ١٧٨            |
| حجر رملي     | ٢,٦٦                 | ١٦٦            |
| دولوميت      | ٢,٧٠                 | ١٦٩            |
| شيرت         | ٢,٥٠                 | ١٥٦            |
| حجر رملي     | ٢,٥٤                 | ١٥٩            |
| كنتجولوميرات | ٢,٦٨                 | ١٦٧            |
| بريشيا       | ٢,٥٧                 | ١٦٠            |
| الطفل        | ١,٨ - ٢,٥            | ١١٢ - ١٥٦      |
| التيس        | ٢,٧٤                 | ١٧١            |
| شست          | ٢,٨٥                 | ١٧٨            |
| كوارتزيت     | ٢,٦٩                 | ١٦٨            |
| رخام         | ٢,٦٣                 | ١٦٤            |



**ف ( الكوارتزيت :** عبارة عن صخر صلب جداً ذو حبيبات دقيقة أو خشنة وهو يتكون أساساً من الحجر الرملي (صخور متحولة) وهو يختلف عن الحجر الرملي في شكل الكسر فهو ينكسر على طول الحبيبات نفسها وليس حولها كما في الحجر الرملي ولذلك فسطح الأجزاء المنكسرة منه ليست خشنة المظهر (حرة) وإنما لها مظهر كسر مكعبات السكر ويعتبر الكوارتزيت أحد أصلب وأمن الأحجار وهو يمثل مادة بناء ممتازة إلا أن استخراجها من الحاجر مكلف جداً ويجب إضافة مواد مساعدة لتقليل الانفصال عند خلطه في الخرسانة الأسفلتية وذلك لوجود الميكا به .

**ص ( الرخام :** عبارة عن صخر متحول من الحجر الجيري أو الدولوميت وهو طرى ذو بلورات دقيقة أو خشنة ويتميز بأنه طرى ويتفاعل مع الحامض وله مظهر السكر للحجارة المكسرة حديثاً ويشبه الرخام الجيري المتبلور في خصائصه الهندسية الحجر الجيري المتبلور ولكن يجب تجنب استخدامه في أساسات الطرق السريعة وممرات نزول الطائرات وعادة يتكون الرخام بلون الشوائب الموجودة فيه .

### قدرة تحمل الصخر :

**أولاً:** هو ذلك الجزء من القشرة الأرضية الذي يتميز بالصلب واتماسك والصلادة العالية . وهو عبارة عن كتل طبيعية من مواد معدنية شديدة الترابط لا تكسر بسهولة باليد البشرية ولا يمكن تفكيكها عند تعرضها لدورة واحدة من الجفاف والبلل . ويعتبر الصخر أفضل التكوينات الجيولوجية التي يمكن التأسيس عليها . ولكن يجب على المصمم أن يكون حذراً من المخاطر التي قد تنجم عن ظروف غير مواتية تصاحب تكوين الصخور وتؤدي إلى حركة كبيرة أو فشل مفاجيء . لذلك يجب أن يحظى تصميم الأساسات على الصخور بنفس الدقة والعناية المتبعة لأنواع التربة المختلفة .

وهناك بعض التكوينات التي تصنف جيولوجياً على أنها نوع من الصخور ولكنها يجب أن تعامل هندسياً كنوع من أنواع التربة وذلك مثل :

— الصخور اللينة أو الصخور ضعيفة التلاحم والتي تقل مقاومتها تحت اختبار الضغط الغير محاط عن ١٠٠٠ ك نيوتن / م<sup>٢</sup> ( ١٠ كجم / سم<sup>٢</sup> ) .

— المواد التي يمكن الحفر فيها بالوسائل اليدوية مثل الكريك والمولود .

— الرمل أو الرطل المتحجر والتي لا يمكن التلاحم فيها مستعراً .

ومن التكوينات الطبيعية التي تنطبق عليها التوصيفات

الطين. إذا بلل بالماء ويمكن تمييز هذا الحجر بتواجد شظايا زجاجية أو حجر جاف في النوع الأكثر تماسكاً . أما النوع الخشن التركيب فهو طباشيري حرش ومترب . والطفل ضعيف يسهل تجريفه ويضاف له مادة مساعدة ومعادلة للتفاعل القلوي للركام ويستخدم كحشو أو طبقة أساس .

**ل ( حجر الجيري :** حجر طرى إلى متوسط الصلابة يتركب أساساً من الكالسيت على أشكال قشرية أو بلورية أو حبيبية ويتميز بسرعة تفاعله مع حمض الهيدروكلوريك ولونه أبيض يتدرج إلى الظلال الرمادية أو السوداء وأى ألوان أخرى تنتج من الشوائب ويصلح النوع الشائع منه للأغراض الإنشائية وفي هذا الحجر تزايد الصلابة والمتانة بتزايد كميات السليكا ولكن إذا دخل في تركيبه أكثر من ٣٠٪ سليكاً ينتج منه مشكلة التفاعل القلوي للركام ويستخدم هذا الحجر على نطاق واسع كطبقة أساس للطرق وذلك بعد تكسيه ورشه بالماء ودكه .

**م ( الدولوميت :** يمثل الحجر الجيري إلى حد كبير ويميز ببطء تفاعله مع حمض الهيدروكلوريك ولا يظهر هذا التفاعل البطيء إلا بعد خدش الحجر بسكين مثلاً ويستخدم مثل الحجر الجيري .

**ن ( الشيريت :** عبارة عن حجر صلب جداً ذو حبيبات دقيقة جداً ويتركب من بلورات سليكا ميكروسكوبية مترسبة من ماء البحر أو المياه الجوفية ويتواجد كطبقات غير منتظمة متداخلة مع الحجر الجيري أو الدولوميت ولونه أبيض متدرج للرمادي وينكسر هذا الحجر إلى رقائق شععية المظهر وبعض الأنواع لها مظهر معتم وينتج معظم أنواع الشيريت تفاعلاً قلوياً مع الأممنت البورتلاندى ويتطلب معطلمها أيضاً استخدام عوامل مساعدة عند الخلط أيضاً بالمواد البترولية ويستخدم هذا الحجر في إنشاء الطرق إذا لم يوجد أفضل منه .

**س ( الناييس ( نيس ) :** عبارة عن حجر متوسط إلى كبير الحبيبات ويتركب من شرائح متداخلة من مواد معدنية مختلفة ذات سمك منتظم أو متغير وهو يتكسر إلى كتل غير منتظمة الشكل ويمثل الصخور الجرانيتية في الاستخدام والخواص وفي حالة تزايد كميات الميكا به فإنه يسمى شست .

**ع ( الشست :** يشبه الناييس إلى حد كبير ويختلف عنه في وجود طبقات رقيقة متوازنة من الميكا والكلوريت والمورنيلند أو بعض البلورات الأخرى وكقاعدة فإن الطبقات المتجاورة من الشست تتركب من نفس المواد المعدنية وهو ينكسر على طول طبقات إلى أجزاء رقائقية وهو لا يصلح للأعمال الإنشائية عدا كإداة لطبقة الأساس وأحياناً بعض أنواع الخرسانة العادية .

السابقة : الصخور الضعيفة جداً كالطبشور والطين الجوى ، والرماد البركاني ، والصخور المطحونة ، والصخور ذات الفواصل المستمرة المتقاربة المسافات والترتبة المحتوية على كسر الصخور .

ثانياً : الخواص الهندسية للتكوينات الصخرية : تتوقف صلاحية التكوينات الصخرية لأغراض التأسيس على مقاومة مادة الصخر وعلى طبيعة الفواصل والمسافات بينها وميلها واتجاهها ويمكن تصنيف الصخور طبقاً للخواص السابقة كما يلي :

### ١ - تصنيف الصخور طبقاً لمقاومتها القصوى :

ويمكن تصنيف الصخور طبقاً لمقاومة الضغط غير المحاط باستخدام الجدول التالى :

جدول يبين تصنيف الصخور طبقاً لمقاومة الضغط غير المحاط

| نوع الصخر               | مقاومة الضغط غير المحاط     |                       |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|
|                         | ميغا نيوتن / م <sup>٢</sup> | كجم / سم <sup>٢</sup> |
| قوى ( صلب ) للغاية      | $200 <$                     | $2000 <$              |
| قوى ( صلب ) جداً        | $100 - 200$                 | $1000 - 2000$         |
| قوى ( صلب )             | $50 - 100$                  | $500 - 1000$          |
| متوسط القوة ( الصلابة ) | $12.5 - 50$                 | $1250 - 500$          |
| متوسط الضعف             | $5 - 12.5$                  | $500 - 1250$          |
| ضعيف                    | $1.25 - 5$                  | $1250 - 500$          |
| ضعيف جداً .             | $1.25 \geq$                 | $1250 \geq$           |

### ٢ - تصنيف الصخور طبقاً للمسافات بين الفواصل :

وتحدد قيمة معامل جودة الصخر بجمع أطوال العينات اللبية (core samples) التى لا يقل طول كل منها عن ١٠٠ ملم . وتحسب قيمة (RQD) كنسبة مئوية لهذه الأطوال بالنسبة لطول الحفر (core run) أثناء استخراج هذه العينات . ويمكن تقسيم جودة التكوينات الصخرية طبقاً لقيمة معامل جودة الصخر كما يلي :

#### جدول يبين تصنيف الصخور طبقاً

#### لقيم معامل جودة الصخر

| جودة الصخر | قيمة معامل جودة الصخر (%) |
|------------|---------------------------|
| ضعيفة جداً | أقل من ٢٥                 |
| ضعيفة      | ٢٥ - ٥٠                   |
| متوسطة     | ٥٠ - ٧٥                   |
| جيدة       | ٧٥ - ٩٠                   |
| ممتازة     | ٩٠ - ١٠٠                  |

تتراوح المسافات بين الفواصل فى التكوينات الصخرية من متباعدة جداً إلى متقاربة جداً ويمكن تصنيفها كالتالى :

— مسافات متباعدة جداً : تزيد المسافات بين الفواصل فى المتوسط عن ٣ متر .

— مسافات متباعدة : تتراوح المسافات بين الفواصل فى المتوسط من ١ - ٣ متر .

— مسافات متقاربة نسبياً : تتراوح المسافات بين الفواصل فى المتوسط من ٠,٣ - ١,٠٠ متر .

— مسافات متقاربة : تتراوح المسافات بين الفواصل فى المتوسط من ٥٠ - ٣٠٠ سم .

— مسافات متقاربة جداً : للمسافات بين الفواصل فى المتوسط أقل من ٥٠ سم .

ويمكن الاستعانة بقمع معامل جودة الصخر (RQD) rock quality designation لتصنيف التكوين الصخرى طبقاً للمسافات بين الفواصل وطبيعتها .

توجد فواصل مفتوحة ) ويمكن تقدير قدرة التحمل المسموح بها من المعادلة الآتية :

$$q_{all} = K_{sp} \cdot q_{u-core}$$

حيث :

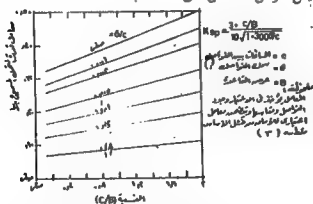
$q_{all}$  = قدرة التحمل المسموح بها باعتبار معامل أمان مقداره ٣ .

$q_{u-core}$  = مقاومة الضغط غير المحاط لعينات الصخر .  
 $K_{sp}$  = معامل يعتمد على المسافات بين الفواصل كما هو موضح بالجدول التالي .

جدول بين قيم المعامل  $K_{sp}$

| المسافات بين الفواصل              | $K_{sp}$ |
|-----------------------------------|----------|
| متباعدة جداً ( < ٣ متر )          | ٠,٤٠     |
| متباعدة ( ١ - ٣ متر )             | ٠,٢٥     |
| متقاربة نسبياً ( ٠,٢١ - ١,٠ متر ) | ٠,١٠     |

ومن الجدير بالذكر أنه يمكن اعتبار التكوينات الصخرية المحتوية على فواصل متقاربة نسبياً ( ٣ - ١,٠ م ) كحالة انتقالية بين الصخر السليم والصخر الغير سليم والشكل التالي يوضح العوامل التي تؤثر على المعامل ( $K_{sp}$ ) وبين تأثير الفواصل على قدرة التحمل . وهذه العلاقة صالحة للصخور التي لا تقل المسافات بينها عن ٣٠٠ م ويمكنها أقل من ٥ م أو يمكنها أقل من ٢٥ م لو كانت عضوية على مواد مالحة على ألا يقل عرض الأساس عن ٣٠٠ م .



شكل يبين العلاقة بين مسافة الفواصل (C) ومعامل التأسيس

رابعاً : الأساسات الضحلة على الصخور غير السليمة :

تعتبر الصخور غير سليمة إذا كانت الفواصل شديدة التقارب أو إذا كان الصخر مفتتاً أو متكرساً . وفي هذه الأحوال يعامل الصخر معاملة التربة غير المتناسكة وتصمم الأساسات على

ومن الجدير بالذكر أن كسر العينات اللبية أثناء الحفر أو نقل العينات يمكن ملاحظته بوجود كسر حديث غير منتظم في حين أن سطح الانفصال الطبيعي يكون عادة أكثر انتظاماً نتيجة عوامل جيولوجية قديمة ، لذلك يجب ضم العينات المكسورة نتيجة عوامل غير جيولوجية معاً واعتبارها قطعة واحدة . وفي جميع الأحوال من المفضل قياس أطوال العينات اللبية أثناء عملية استخراج العينات وتسجيل طول حفر للماكينة core run لكل منها حيث إن بعض أنواع الصخر قد تتأثر بمرارة الجو ورطوبته .

وللحصول على نتائج جيدة لقيم معامل جودة الصخر فمن المفضل استخدام المواسير الثنائية (Double - tube core ) ذات قطر لا يقل عن ٥٤ ملمتر .

٣ - تصنيف الصخور طبقاً لطبيعة واتجاه الفواصل :

يمكن وصف طبيعة الفواصل في الصخور طبقاً لخصائص هذه الفواصل ودرجة أسطح تلاصق الصخر للعوامل الجوية بالإضافة إلى خواص المواد المائلة لهذه الفواصل . وتأثير صلاحية الصخر لأغراض التأسيس إلى حد كبير باتجاه الفواصل بالنسبة لاتجاه الحمل المؤثر . حيث إن وجود فاصل تحت الأساس قد يقلل من قدرة تحمل التكوين الصخري . ويمكن وصف التكوين الصخري بأنه يحتوي على فواصل ذات اتجاه حرج إذا كان هناك احتمال للانزلاق على سطح الأرض الفاصل تحت تأثير محصلة أحمال الأساس .

ثالثاً : الأساسات الضحلة على الصخور السليمة : الصخر السليم هو الصخر الذي تزيد قيمة المسافات بين الفواصل عن ١٠ متر وتزيد المقاومة الضغط الغير محاط له عن ١٠٠٠ كيلو نيوتن / م<sup>٢</sup> ( ١٠ كجم / سم<sup>٢</sup> ) ويشتمل هذا النوع الصخور ذات المقاومة الضعيفة جداً .

وعموماً فإن مقاومة هذا النوع من الصخور تزيد كثيراً عن متطلبات التصميم بشرط أن تكون الفواصل فيه من النوع للمقول أن يكون اتجاهها غير حرجاً بالنسبة للقوى المؤثرة . ولذلك يجب دراسة النقاط التالية بدقة قبل التصميم :

— تحديد نوع وأماكن وجود الفواصل الواقعة في مجال تأثير الأساس ويشمل ذلك تحديد سمك هذه الفواصل .

— تحديد مقاومة مادة الصخر .

— ويجب أن يقوم بإجراء هذه الدراسة متخصصون في هذا المجال . ويتم التحديد النهائي لقدرة تحمل الصخر بعد دراسة وتحليل تأثير الفواصل على الأساس . وعلى سبيل المثال في حالة تكوين صخري ذي خصائص غير حرجية ( سطح الصخر عمودي على الـ  $\sigma_1$  ، الحمل المؤثر ليس له مركبة تماسة ، ولا

ويضغط ضغطاً جيداً حتى يصل إلى أقصى كثافة ثم يوضع فرشاة من الخرسانة العادية وذلك في حالة المباني الخفيفة من الخشب أو أحد هذه الأنواع .

(جـ) في حالة المباني بمحاطات حاملة يجب إزالة جميع الشوائب من السطح والوصول إلى عمل مصاطب مناسبة مختلفة وتكون المصاطب بعد نزع الشوائب قوية لتحمل بناء المحاطات عليها ولا تزيد المباني عن ارتفاع دورين على الأكثر فقط حيث تكون المحاطات حاملة وذلك كما في الشكل التالي .

والهدف من التفجير في الصخر هو تخشين السطح وبالتالي منع الخرسانة من الانزلاق .

(د) في حالة وجود انحدار كبير بالموقع يجب عمل مصرف لسف الماء عند أعظم نقطة لمنع تشبع الأساسات بالماء .

(هـ) بعد عمل المصاطب والتسوية يتم البناء للمحاطات من أسفل بمحجرة كبيرة على مرقدتها بمونة أمتنتية قوية ولا يقل عن ثلاثة مداميك كما في الشكل التالي (c) .

ضوء قواعد ميكانيكا التربة . وعموماً فإنه من الصعب تعيين أو تقدير قيمة معاملات المقاومة الداخلة في حساب قدرة تحمل هذه الصخور .

**خاصة : التأسيس في حالة وجود الصخر على سطح الأرض أو قريب منها :**

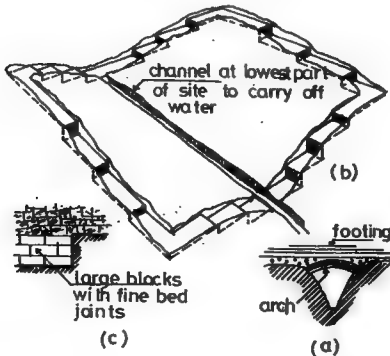
أو كان موقع الصخر مستواه متقارب يجب تسويته جيداً وذلك عند إزالة الأجزاء الغير لازمة والغير مستوية وتجميعها وعمل الأجزاء المفككة منه خرسانة للتسوية ، أحياناً تحدث تشققات فإذا كانت سطحية يمكن ملأها بالخرسانة أو سد هذه الفجوات إذا كانت كبيرة بعمل قو كما في الشكل التالي (a) .

لو كان الموقع مائل إلى الداخل أو أجوف فيجب قطع الأجزاء الغير اللازمة والمشة إما بالتقطيع اليدوي أو بطريق التفجير ونظراً لأن الموقع المراد تسويته ربما يكون به تنوعات كبيرة فيجب تسويتها بأى إحدى الطريقتين الآتيتين .

أ ( التسوية بخرسانة عادية .

ب ( التسوية بالآثربة الناتجة من التفجير أو الحفر مع استبعاد المواد الشائبة ثم يضغط بهراس اهتزازي vibratory rollers

## طريقة الأساسات السطحية على الصخر بطريقة المصاطب



## ملحوظة :

إذا كان البناء مرتفعاً لعدة أدوار فهناك تجربة لعمارتين تم تشييدهما في المقطم فتم أولاً عمل جستين .

العمارة الأولى : ظهر في الجسة ثلاثة أمتار طفلة من السطح العلوى ثم ثمانية أمتار صخر سليم حتى آخر الجسة فتم حفر الثلاثة أمتار الطفلة ثم تم حفر متر من الصخر السليم وتم عمل أساسات عبارة عن خرسانة عادية بسلك ٣٠ سم للتسوية ثم عمل قواعد مسلحة منفصلة بارتفاع متر على الأقل وصممت الأساسات على أن الأساسات تتحمل ١٢ طابقاً .

— أما العمارة الثانية المجاورة فظهر في الجسة ثلاثة أمتار طفلة من سطح الأرض ثم ثلاثة أمتار صخر عند ٦ متر ثم ٢ متر صخر مختلط به طفلة ٦ م إلى ٨ م ثم صخر منسوب ١٢ متر فتم حفر ثلاثة أمتار طفلة ثم ٥,٠ متر من الصخر وتم صب خرسانة عادية بارتفاع ٣٠ سم وتم عمل أساسات مستمرة raft foundation وصممت على أساس تسعة أدوار فقط حيث هناك نظرية تنص على أنه إذا كان هناك طبقة تتحمل ٤ كجم / م<sup>٢</sup> مثلاً ونحتمل طبقة بارتفاع مترين وجهدها ٢ كجم / سم فيجب التأسيس على الجهد الأصغر وهذا يحتم عمل جسة لكل موقع على حدة وهاتين القطعتين من الأرض متلاصقتين والتي عرض كلا منها ٢٠ متراً ووجد هذا التفجر في طبيعة الصخر وعلى هذا من الضروري عمل جسة لكل موقع على حدة واختيار الأساس الذى يصلح لطبيعة التربة .

## التأسيس السطحي للفندق المقطم بلير القاهرة على الصخر

— أردت شرح الخطوات التى تمت لتشييد فندق المقطم نظراً لتأسيسه على سطح الأرض بدون أعماق على الصخر وقد شرفت بأثنى كنت دارساً لمعطاء هذا الفندق والمشرف على تنفيذهِ وبتلخص ما تم في هذا الفندق من أول دراسته حتى تسليمه وسنعطى نبذة عن ماهية هذه الفترة :

أولاً : هذا الفندق نظام الـ motels أى مجموعة من المباني ذات الدور الواحد وأن المنشأ نفسه مبنى من الخشب ذات الطبقتين بينهما ألياف عازلة للحرارة والرطوبة أى أن المباني من النوع الخفيف ومكون من سبعة عشر مبنى مزدوج ومتصل ومبنى عام وحمام سباحة وكباين للاستحمام وملعب للتنس ومحطة لمعالجة مياه المجارى يعمق ٤ متر تم حفرها في الصخر . وعلى بعد حوال ٥٠٠ متر من الموقع العام للفندق يوجد مكان لتصريف مياه المجارى ( Disposal Area ) وهى عبارة عن ناتج حفر من الصخر بارتفاع حوالى ١,٥٠ م من سطح الأرض

وتصل إليها مياه المجارى بعد معالجتها عن طريق ضخ طلمبة من المحطة . وفى نهاية مواسم الضغط توجد شبكة رشاشات تطلق منها الماء شبه رزاز قصير منها جزء في الهواء والباقى يسقط على الأحجار وهذا الفندق قام بتصميمه مكتب استشارى أمريكى . وقد تم سرد هذه النبذة لتتعرف على طبيعة هذا العمل .

ثانياً : هذا المكتب قام بعمل ميزانية شبكية للموقع وحاول تصميم هذه المنشآت بحيث لا يتم التفجير بكثرة إلا في حدود ضيقة وربط هذه المباني ببعضها بواسطة طرق وسلام ولم يكن هناك حفر ذات أعماق إلا مكان محطة معالجة المياه وتم تصميم هذا الفندق بrooms مقاس ١ : ٢٠٠ دون أية تفاصيل وأرفق بهذه الرسومات كتاب يشتمل على المواصفات المطلوبة لهذه المباني باللغة الإنجليزية دون حصر كميات هذه الأعمال أو رسومات إنشائية وطلب من الشركات التى ستدخل في هذا المعطاء عمل الرسومات الإنشائية وجميع التفاصيل التى سيتم بموجبها التنفيذ وأن السعر سيوضع إجمالاً لهذا الموقع تسليم مفتاح ( بالمقوتية ) ويتم البت في المعطاء لأقل سعر إجمالى ولأحسن مواصفات تقدم من الشركات النادرة للمعطاء .

ثالثاً : تقدمت ممثلاً للشركة التى أعمل بها لدراسة هذا المعطاء فكان إلزاماً على اتباع الخطوات التالية :

(١) إعادة مراجعة الميزانية الشبكية للتحقق من الميزانية الشبكية التى تمت بمعرفة المكتب المصمم لتقدير قيمة الحفر والردم ونوعية المتفجرات التى تصلح لهذا العمل وتقدير قيمة هذا البند بالتقود .

(٢) تم التصميم الإنشائى لهذه الرسومات وعلى ضوءها تم تقدير الكميات اللازمة من جميع البنود من خرسانة عادية ومسلحة ومباني وبلاط وبياض وخلافه أى تم عمل دفتر حصر لهذا العمل .

(٣) قدرت هذه الكميات بما تساويه من مبالغ بالإضافة إلى بند الحفر والتفجير وجميع المعدات اللازمة لهذا الفندق اللازمة للمجارى والمياه وخلافه وكان إجمالى هذا المعطاء مليون وسبعمائة ألف جنيه سنة ١٩٧٧م علماً بأن جميع الإنشاءات الخشبية وما يلزم للفندق قامت به شركة أمريكية .

## تم التنفيذ حسب الخطوات التالية

(١) بخصوص الحفر تم جميعه بطريقة التفجير وذلك للأمكنة التى منسوبها أعلا من المنسوب المطلوب للمبنى وكان بعض المباني يتم حفر جزء منه والباقى يتم ردمه بتاتج الحفر وكان ذلك بطريقة النسف الحفر حيث كان بجوار هذا الفندق مغارة

٥٠ كجم لا يتم تفجير هذه الكمية كلها لحظياً ولكن تفجر على التوالي باستخدام مفجرات التأخير حتى لا تؤدي نواتج عملية النسف إلى أى آثار ضارة . كما سبق .

(٢) بعد عملية النسف تبدأ عملية التسوية إلى المنسوب المبني المطلوب بنقص ٣٠ سم ثم صبها خرسانة عادية وتم الضغط للتربة قبل صب الخرسانة بالمراسات الاهتزازية vibratory rollers حتى وصلت الكثافة إلى ٩٦٪ على عمق متر من سطح الردم وذلك بإزالة التربة القابلة للانسياب حتى العمق المطلوب ثم أعيدت على هيئة طبقات سمك كل منها ٣٠ سم مع دمك كل طبقة على حدة باستخدام المراس مع وضع كمية من المياه المناسبة التى تعطى أقصى كثافة جافة .

(٣) تم عمل طبقة من الخرسانة العادية بنسبة ٣٠٠ كجم أسمنت : ٨ م<sup>٣</sup> زلط : ٤ م<sup>٣</sup> رمل لإعطاء المنسوب المطلوب ثم وضعت المباتى الخفيفة على الخرسانة العادية مباشرة والرسومات التالية تبين الموقع العام ثم جزء من تفاصيل المباتى مبين على كل مبنى خطوط الكتور المساحية ومنسوب المبنى نفسه .

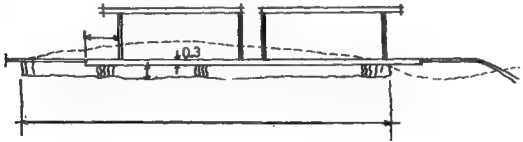
للقوات المسلحة ويخشى عليها من التفجير العادى والنسف الحذر مشروح بإفاضة في الموسوعة الهندسية للمؤلف وبمساعدة شديدة للتحكم في عملية النسف حتى تكون الاهتزازات الأرضية غير مؤثرة تأثيراً ضاراً على أساسات المباني المجاورة وكذلك الموجات الصوتية يجب ألا تؤدي إلى أبسط الحسائر مثل تكسر زجاج المباني وكذلك الشظايا يجب التحكم في أحجامها حتى يمكن نقلها وكذلك التحكم في مسافة تطايرها وذلك عن طريق استخدام مفجرات تأخير ذات أرقام مختلفة تبدأ من مفجر رقم (١) .

فالمفجر رقم (١) يعنى أن هناك تأخيراً =  $\frac{25}{1000}$  من الثانية

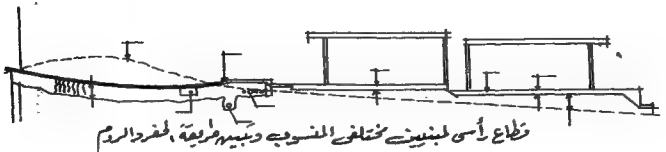
والمفجر رقم (٢) يعنى أن هناك تأخيراً =  $\frac{50}{1000}$  من الثانية

والمفجر رقم (٣) يعنى أن هناك تأخيراً =  $\frac{75}{1000}$  من الثانية وهكذا

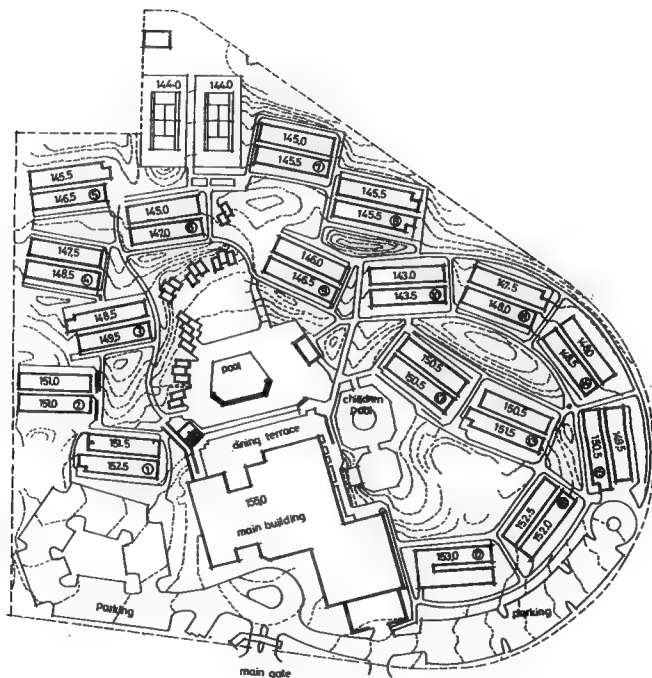
فإذا كانت كمية المتفجرات المطلوبة لنسف مبنى معين



قطاع رأسى لمبنى في منسوب واحد وبمساحة مربعة المفرد الردم



قطاع رأسى لمبنى من نوع المنسوب وبمساحة مربعة المفرد الردم



مخطط التأسيس على الصفر لبلدية القاهرة الجديدة





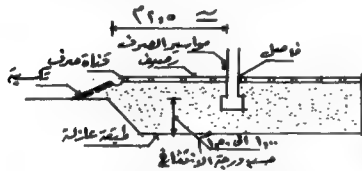
## الباب الثالث

### الأساسات السطحية

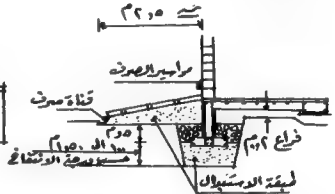
يفضل استخدام الأساسات السطحية إذا كان سمك التربة المتضخمة يمتد إلى أعماق كبيرة وبالتالي يصعب أو يستحيل استخدام الأساسات العميقة - ويمكن استخدام الأساسات السطحية بنجاح في حالة التربة المتضخمة إذا توفر أحد الشروط الآتية :

- ١ - الإجهادات نتيجة الحمل الميت المؤثر على التربة كافية لمنع الانضغاط .
- ٢ - المبنى جاسئء بالقدر الكافي حيث لا يتأثر بالحركة

نتيجة الانضغاط النسبي .  
٣ - تقليل أو ملاءمة طاقة الانضغاط المؤثرة على الأساسات ونظراً لأن وسادة التربة الغير متضخمة أسفل الأساسات تؤدي إلى توزيع حركة التربة الرأسية بصورة أكثر انتظاماً أى إلى تقليل الانضغاط النسبي ، لذلك فإنه يفضل عدم التأسيس مباشرة على التربة قابلة للانضغاط في جميع الأحوال تصميم بحيث تتحمل أحمال المنشأ وبدرجة دمك تناسب طاقة الانضغاط المتوقع . وبين الشكلين التاليين نماذج استرشادية لطبقة الاستبدال رسم ٧



نموذج لطبقة الاستبدال (ب) للتربة على الواسع  
القابل للانضغاط



نموذج لطبقة الاستبدال (أ)  
للتربة على الواسع القابلة للانضغاط

وتقسم الدراسة التي ستقوم بها في هذا الباب وهي الأساسات الشريطية والقواعد المشتركة :

- ٨ - قاعدة مشتركة شبه منحرف لعمودين أحدهما ملاصق للجدار بينهما كمر .
- ٩ - قاعدة ذات ثلاثة أعمدة مختلفة الأبعاد والأحمال والعمودين بجوار الجدار .
- ١٠ - القواعد الكابولية Strap Footing .
- ١١ - قاعدة لعمود واحد (Rectangular Mono Cantilever) .
- ١٢ - الأساسات المستمرة (Raft Foundation) .
- ١٣ - الأساسات المستمرة لبشة مسطحة .
- ١٤ - أساسات مستمرة لنظام الكمرات والبلاطات .

- ١ - قاعدة مشتركة لثلاثة أعمدة .
- ٢ - الأساسات الشريطية .
- ٣ - قاعدة مشتركة لعمودين متساويين في الأحمال .
- ٤ - قاعدة مشتركة لعمودين غير متساويين في الأحمال أحدهما يبعد عن الجدار ٥٠ متراً وبينهما كمر .
- ٥ - قاعدة مشتركة لعمودين غير متساويين أحدهما يبعد عن الجدار بمقدار ٥٠ .
- ٦ - قاعدة مشتركة مستطيلة لعمودين أحدهما ملاصق للجدار .
- ٧ - قاعدة مشتركة شبه منحرف لعمودين أحدهما ملاصق للجدار .

وعند حلول أمثلة لهذه الأنواع سنشرح متى يستعمل كل نوع على حده ولأى الأغراض يفضل التصميم لبدة النوع وعند حساب الأساس لأي نوع يجب حساب جميع الأحمال المؤثرة على المبنى وهي الحمل الميت - الحمل الحي - حمل الرياح أو الزلازل وذلك حسب ما نص عليه في الكود المصري .

## النموذج الأول

المطلوب تصميم قاعدة عليها ثلاثة أعمدة كل عمود يحمل ٤٥ طناً وبينهما كمر (T) والمسافة من المحور إلى المحور ٢,٥٠ م وجهد التربة ١٢ طن / م<sup>٢</sup> وعمق الحفر ١,٥٠ م .

المطلوب : أولاً : تصميم الأعمدة . Design of column .

لتصميم العمود يستعمل القانون الآتي :

$$p = Fc Ac (1 + 15 u)$$

حيث :

P = الحمل على العمود = ٤٥ طن .

Fc = جهد الخرسانة المسلحة = ٤٥ كجم / سم<sup>٢</sup> .

U = نسبة مساحة الحديد إلى قطاع الخرسانة = 0.8% إلى 6%

$$\therefore 45000 = 45 Ac (1.12)$$

$$\therefore Ac = \frac{45000}{45 \times 1.12} = 893 \text{ cm}^2$$

إيجاد الضلع الأكبر للعمود تقسم المساحة ÷ الضلع الأصغر للعمود ويساوى ٢٥ سم .

$$\therefore \frac{893}{35.7} = 25$$

٣٥ سم أى

إيجاد تسليح العمود تضرب المساحة × ١٪ =

$$\therefore 25 \times 35 \times 1\% = 8.75 \text{ cm}^2 \text{ say } 6\phi 13 \text{ and stirrups } 6\phi 6 / \text{m}$$

ثانياً : تصميم القاعدة : Three combined footing with T section

يتم عمل هذا النموذج كلما كانت الأعمدة متقاربة ومتساوية المسافات وتختلط القواعد يوضعها ومهمة الأساسات الشريطية توزيع حمل الحوائط أو الأعمدة أى حمل من الأحمال إلى التربة بحيث لا تزيد الأحمال المنقولة إلى منسوب التأسيس على قلزة تحمل التربة المسموح بها عند هذا المنسوب وللوصول إلى ذلك تحدد أبعاد القاعدة وتصمم القاعدة على أنها تتحمل عزوم الانحناء الناتجة وقرى القص ونظراً لأن وزن القاعدة وما تتحمله من ردم يضاف إلى الأحمال عند حساب الإجهادات على التربة وذلك لوزن القاعدة العادية والقاعدة المسلحة والميد والحوائط الحاملة للدور الأرضى فهناك طريقتان .

الأولى : تقريبية وهى إضافة من ٨ : ١٢٪ من الحمل الواقع على الأعمدة والثانية هى القانون الآتي :

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - s_g \cdot DF / q_{all}}$$

$$\bar{W} = \frac{135}{1 - \frac{2 \times 1.5}{12}} = 180 \text{ ton}$$

وتطبيق هذا القانون نحصل على القيمة التالية

حيث ؟

Total load on earth

$\bar{W}$  = الحمل الكلى الواقع على التربة = ١٨٠ طن

Total load of columns

$W$  = الحمل الكلى للأعمدة = ١٣٥ طن

A.V.G. unit weight of footing material

$s_g$  = متوسط وزن القاعدة

and soil (  $2t / m^3$  )

للخرسانة والأترية ( ٢ طن / م<sup>٣</sup> )

Foundation depth

D = عمق الحفر = ١,٥٠

Gross allowable bearing stress of soil

$q_{all}$  = الإجهاد المسموح به على التربة = ١٢ طن / م<sup>٢</sup>

$$3\bar{W} = A (L + A) \times f \text{ allowable of soil}$$

إيجاد أبعاد القاعدة تستعمل بمعادلة من الدرجة الثانية

حيث :

 $\bar{W}$  = الحمل للأعمدة الناتج من المعادلة = ١٨٠ طن

A = عرض القاعدة ويجب أن يكون البروز خارج الأعمدة

$$\left(\frac{1}{3}A\right) =$$

$$٥٠ =$$

$$١٢ \text{ طن / م} =$$

L = المسافة بين العמודين = ٢ × ٢,٥٠

F = جهد التربة ويساوى

$$\therefore A(5 + A)12 = 12A^2 + 60A - 180 = 0$$

هذه المعادلة من الدرجة الثانية ولحلها يتبع القانون الآتي :

$$-A = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

حيث :

a = الحد الأول من المعادلة

b = الحد الثاني من المعادلة

c = الحد الثالث من المعادلة

وبالتعويض في المعادلة بالحدود السابقة

$$12A^2 \text{ والحد يساوى } ١٢ =$$

$$60A \text{ والحد يساوى } ٦٠ =$$

$$-180 =$$

$$-60 \pm \sqrt{60^2 - 4 \times 12 \times -180}$$

2a

$$\frac{-60 + 110.63}{24} = \frac{+50.63}{24}$$

24

24

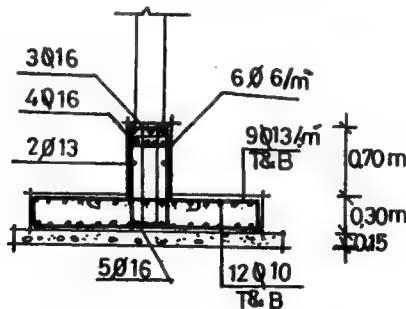
$$= 2.10 \text{m} \therefore A = 2.10 \text{ m}$$

$$B = 5 + 1.85 + 0.35$$

$$= 7.20 \text{ m}$$

٣١٥ = ١٧,٥ × ٢ وهى نصف طول العמוד لجعل الفروق متساوية.....

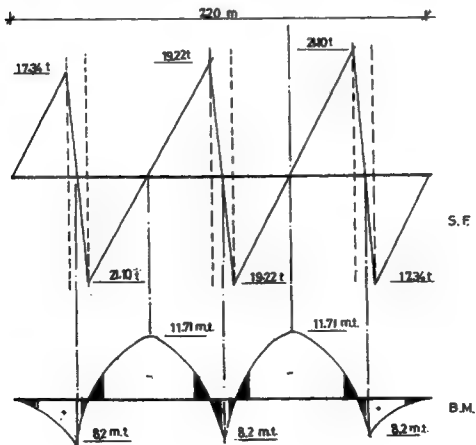
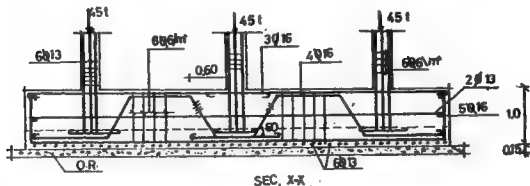
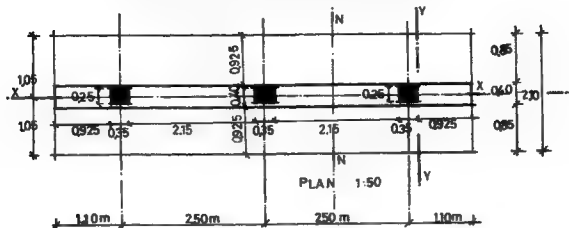
١,٨٥ = ٢,١٠ - ٢,٥ = وذلك عرض القاعدة مطروح منها عرض العמוד ÷ ٢ = ٩٢٥, هو ذراع العزم .



SEC. N-N

المحورج الأول : قاعدة مشتركة للمؤسسة المكونة من ثلاثة

THREE COMBINED FOOTING WITH (T) SECTION



load at the area of base /m<sup>2</sup>

$$= \frac{135}{7.2} = 18.75 \text{ t / m}^2$$

load at the area of base /m<sup>2</sup>

$$= \frac{135}{2.10 \times 7.20} = 8.92 \text{ t / m}^2$$

Design of base

$$B.M = x - x = \frac{WL^2}{2}$$

$$= \frac{8.92 \times .925^2}{2} = 3.81 \text{ m.t}$$

حيث :

$W$  = الحمل على المتر المسطح = ١٨,٩٢ طن  
 $L$  = البعد من العمود حتى نهاية القاعدة = ٩٢٥ م

$$d = K_1 \sqrt{\frac{m}{h}}$$

$$= 0.334 \sqrt{\frac{381000}{100}} = 20.6 \text{ cm say T 30 cm}$$

when  $f_c = 55 \text{ kg / cm}^2$  -  $K_1 = 0.334$  -  $k_2 = 1227$

$$A_s = \frac{0.2\% A_c}{M} = \frac{210 \times 30 \times 0.2\%}{181000}$$

= 12.6 cm<sup>2</sup> take 12φ 10 top and bottom

$$A_s = \frac{k_2 \times .87 T}{1227 \times .87 \times 30}$$

= 11.89 cm<sup>2</sup> say 9 φ 13/ m

ومن حيث إن العزم واحدة في جميع الجهات ثبوت المسافة فيكون التسليح لعرض القاعدة ٢٠ φ ١٣ م وبطول القاعدة ١٦ φ ١٣ م يلاحظ إضافة سيخ للعدد الناتج

Design of T section

B.M of T section at y - y =

$$\frac{w \times L^2}{2} = \frac{18.75 \times .925^2}{2} = 8.02 \text{ m.t}$$

B.M of T section at N - N =

$$\frac{w \times L^2}{10} = \frac{18.75 \times 2.5^2}{10} = 11.71 \text{ m.t}$$

وبهذا يمكن أخذ العزم الأكبر أساساً لتصميم الكمرة .

$$d \text{ to the beam} = K_1 \sqrt{\frac{M}{h}}$$

$$= 0.334 \sqrt{\frac{1171000}{100}} = 64 \text{ say T 90 cm}$$

أخذ عرض الكمرة ٤٠ سم لتغطية أجهاد القص والاختراق والتأسك .

As to beam = N - N =

$$\frac{1171000}{1227 \times .87 \times 90} = 12.18 \text{ cm}^2 \text{ take } 7 \phi 16$$

As to beam = y - y =

$$\frac{802000}{1227 \times .87 \times 90} = 8.34 \text{ cm}^2 = 5 \phi 16$$

check of stresses

1- check of shear ( جهد القص )

$$q = \frac{Q_s}{.87.T \times b}$$

y - y

$Q_s$  = قوى القص عند القطاع

حيث :

$q_s$  = جهد القص

$$\begin{aligned} d &= \text{ارتفاع القاعدة النظرى} \\ b &= \text{عرض القاعدة} \end{aligned}$$

ملاحظات على جهد القص عندما يكون جهد الضغط ٥٥ كجم / سم<sup>٢</sup> :

- ١ - لو كان جهد القص  $q$  تساوى ٥ كجم فيمكن للخرسانة أن تحمله وتوضع كانت  $\phi ٦ / ٦$  م للكمات .
  - ٢ - لو كان جهد القص  $q$  ٧ كجم فيجب وضع كانتات  $\phi ٦ / ٨$  م .
  - ٣ - لو كان جهد القص  $q$  أكثر من ٧ كجم / سم<sup>٢</sup> وأقل من ١٤ كجم / سم<sup>٢</sup> تعالج الخرسانة بوضع الكانات وبأسياخ مكسحة لمقاومة جهد القص .
  - ٤ - لو كان جهد القص يزيد عن ١٤ كجم / سم<sup>٢</sup> يجب زيادة القطع لأن الخرسانة في هذه الحالة تصبح غير اقتصادية .
- ولحساب جهد القص عند القطع  $y - y$  :

$$\begin{aligned} Q_s \text{ at } y - y &= .925 \times 18.75 = 17.34 \text{ ton} \\ Q_s \text{ under column} &= 0.35 \times 18.75 = 6.56 \text{ ton} \\ Q_s \text{ another side of column} &= 45 - (6.56 + 17.34) = 21.10 \text{ ton} \\ &= \frac{21100}{40 \times .87 \times 90} = 6.73 \text{ Kg / cm}^2 \\ &= 6.73 \text{ Kg / cm}^2 \end{aligned}$$

& stirr  $\phi 6 / 6$  m

To get d resistance shear

$$\begin{aligned} &= \frac{21100}{40 \times .87 \times 6} \\ \therefore T &= 100 \text{ cm} \end{aligned}$$

يأخذ ارتفاع الكمره ١٠٠ سم ولا داعى لتغيير التسليح :

## 2- check of punch ( جهد الاختراق )

ملاحظات لجهد الاختراق :

- ١ - لون كان جهد الاختراق أكثر من ٨ كجم / سم<sup>٢</sup> يزداد القطع .
- ٢ -  $Q_p$  = حمل العمود - مساحة العمود مضروباً في الجهد .
- ٣ - هذه القوة تؤثر في محيط العمود  $\times$  ارتفاع الكمره .

$$\begin{aligned} Q_p &= 45 - (.25 \times .35 \times 8.92) = 44.22 \text{ ton} \\ &= \frac{44220}{(25 + 35) \times 2 \times 0.87 \times 100} = 4.23 \text{ Kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2 \end{aligned}$$

## 3- check of bond ( جهد التماسك )

$$\begin{aligned} Q_b &= \text{arm of B.M} \times \text{load at Area of base} = 0.85 \times 8.92 = 7.582 \text{ ton} \\ &= \frac{Q_b}{\Sigma \phi \times D \times \pi \times .87 \times T} \end{aligned}$$

حيث :

$$= \frac{١٠, ٢, ٤٠}{٨, ٥}$$

$$= \frac{٢}{٨, ٩٢} = \text{الجهد على القاعدة} / \text{م}$$

$$Q_b = \text{قوى التماسك}$$

$$\Sigma \phi = \text{إجمالي عدد الأسياخ} / \text{م}$$

$$\pi = \text{النسبة التقريبية} = \text{ط}$$

$$D = \text{قطر السبخ}$$

$$d = .87 T = \text{وهو الارتفاع العامل}$$

$q_0 =$  جهد القص للتماسك ويجب ألا يزيد عن ٨ كجم / سم<sup>٢</sup>

ملحوظة لجهد التماسك :

لو كان جهد التماسك أكبر من ٨ كجم / سم<sup>٢</sup> يزداد ارتفاع الخرسانة أو يختار أسياخ أقل قطراً ليزداد طول المحيط للسليخ .

$$q_0 = \frac{7582}{9 \times 1.3 \times 3.14 \times .87 \times 30} = 7.90 \text{ Kg / cm}^2 < 8 \text{ Kg / cm}^2$$

حيث :

٩ عدد الأسياخ بالتر الطولي .

١,٣ سم = قطر السليخ ١٣ م .

٣,١٤ = النسبة التقريبية للدائرة .

٣٠ سم ارتفاع القاعدة المبسطة .

ملحوظة هامة :

١ - حسب الأبعاد للقاعدة على أن الكمره عرضها ٢٥ سم ولكن صممت على أن عرضها ٤٠ سم للأمان في جهد الاختراق والقص ويجب أن تبقى الأبعاد كما هي للزيادة في الأمان .

٢ - في حالة الحديد الثانوى يجب ألا تقل عن ٥  $\phi$  ١٠ م / م .

٣ - ظهر جهد القص ٦,٧٣ فلا داعى لزيادة الكانات عن ٥  $\phi$  ٦ م للكمرات .

$$\bar{q}_0 = \frac{A_s \text{ stirr} \times f_s}{b \times a} \quad ٤ - \text{ إذا زاد جهد القص عن } ٧ : ٨ \text{ كجم / سم}^2 \text{ فتحسب الكانات حسب القانونى التالى :}$$

حيث :

$A_s \text{ stirrups}$  = مساحة فرع الكانة مضروباً في عدد فروعها سواء كان ٤ فرع أو ٦ فرع .

$F_s$  = جهد الحديد ويساوى ١٤٠٠ كجم / سم<sup>٢</sup> .

$b$  = البعد بين الكانتين .

$a$  = عرض الكمره .

## النموذج الثانى

### الأساسات الشريطية ( STRIP FOOTINGS )

المطلوب تصميم ورسم لأساس صف من الأعمدة المسافة من المحور إلى المحور - ٤,٠ م وحمل كل عمود ٤٥ طن بقطاع ٢٥ × ٣٥ سم ويتسليخ ٦  $\phi$  ١٣ م وعمق الحفر ١,٦٠ سم من سطح الأرض ومقاومة التربة الخالصة ٩ طن / م<sup>٢</sup> .

ملحوظة : هذه الأساسات تستخدم كأساس للحوائط بكافة أنواعها وللأعمدة المتقاربة في المسافات والأحمال الواقعة على صف واحد والأساسات السطحية عموماً لا تصلح في وجود الطبقة العليا من التربة الضعيفة إلى الدرجة التى يتسبب عن أحمال المنشأ انهيار قص في بعض تلك الطبقات أو تضاعف كبير لما مما يدمر أو تشوه استخدام المنشأ وفي حالة وجود أحمال كبيرة إلى الدرجة التى لا تكفى استخدام مساحة المنشأ كلها كأساس لزيادة الاجهادات المنقولة إلى التربة وعليه يجب الوصول إلى طبقات صخرية ولذلك لا تصلح في تشييد الأبراج وناطحات السحاب ودعامات الكبارى الضخمة وكذلك لا تصلح في حالة تواجد أحمال جانبية كبيرة مما يتطلب تكوين نظام إنشائى تحت الأرض لمقاومة المركبات الأفقية المنقولة للأساسات .

## Design of slab

## التصميم

$$\text{load per m} = \frac{45}{4} = 11.35 \text{ ton / m}$$

لإيجاد الحمل بعد الزيادة للأساسات تستعمل القانون الآتي وتقسمه بالهوزج الأول

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \frac{W_a \cdot D_f}{q_{all}}} = \frac{11.25}{1 - \frac{2 \times 1.6}{0.65}} = 17.3 \text{ ton / m}$$

$$\text{عرض القاعدة} = B = \frac{17.30}{9} = 1.92 \text{ m say } = 1.95 \text{ m}$$

$$\text{الجهد على القاعدة} = \bar{F} = \frac{11.25}{1.95} = 5.85 \text{ Ton / m}^2$$

يفرض أن الكمره عرضها ٣٥ سم فيكون الباقي من القاعدة من الجهتين :

$$\text{هو } 35 - 195 = 80 \text{ سم وهو ذراع العزم}$$

$$\text{B.M} = \frac{wL^2}{2} = \frac{5.85 \times .80^2}{2} = 1.872 \text{ m.t}$$

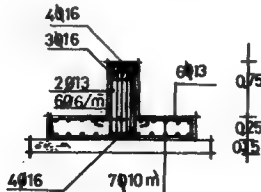
$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{187200}{100}} = 14.45 \text{ cm say } T 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{187200}{1227 \times .87 \times 25} = 7 \text{ cm}^2 \text{ say } 6 \phi 13 / \text{m}$$

الحديد السابق استخراجه  $\phi 13$  م / م هذا بطول القاعدة. ويجب أن يكون هذا الحديد كأنه مقفلة أما الحديد الطولى فيأخذ بمقدار ٢٪ من مساحة الخرسانة علوى وسفلى .

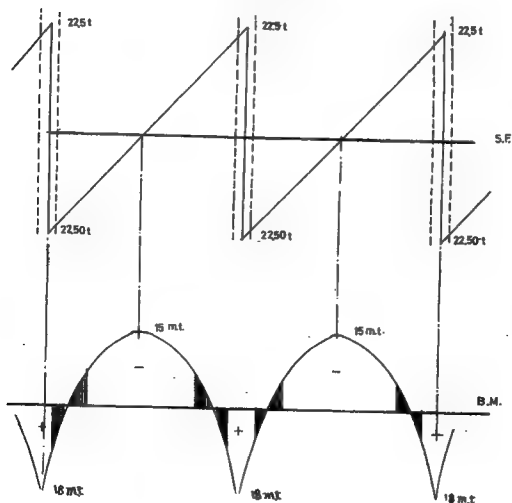
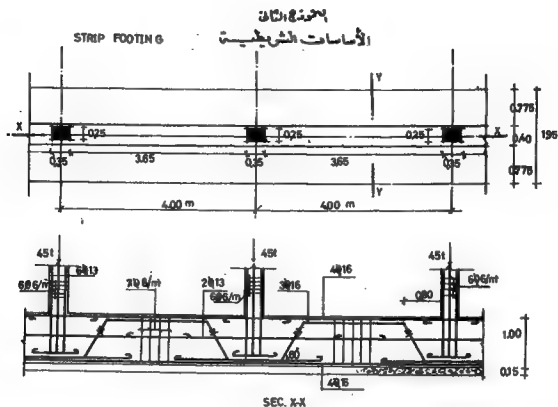
$$A_s = 195 \times 25 \times \frac{2}{1000} = 9.75 \text{ cm say } 14 \phi 10 \text{ mm}$$

يوضع  $\phi 10$  م / م علوى  $\phi 10$  م / م سفلى لأن التسليح الثانوى لا يحمل عن خمسة أسياخ في المتر .



SEC.Y.Y





## Design of beam :

$$B.M \rightarrow = \frac{WL^2}{12} = \frac{11.25 \times 4^2}{12} = 15 \text{ m.t}$$

$$B.M \leftarrow = \frac{WL^2}{10} = \frac{11.25 \times 4^2}{10} = 18 \text{ m.t}$$

$$d = K \sqrt{\frac{M}{b}} = 0.334 \sqrt{\frac{1800000}{40}} = 70 \text{ cm say } T 100 \text{ cm to resist shear}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87 \times T} = \frac{1800000}{1227 \times .87 \times 100} = 16 \text{ cm}^2 \text{ say } 8 \phi 16 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87 \times T} = \frac{1500000}{1227 \times .87 \times 100} = 14 \text{ cm}^2 \text{ say } 7 \phi 16 \text{ mm}$$

$$A_s' = 0.2\% A_c = \frac{100 \times 40 \times 2}{1000} = 8 \text{ cm}^2 \text{ say } 4 \phi 16$$

## Check of stresses

## 1- Check of shear to beam

$$Q_s = \frac{45}{2} = 22.50 \text{ ton}$$

$$d \text{ to resist shear} = \frac{22500}{.87 \times 40 \times 8} = 90 \text{ cm}$$

تأخذ ارتفاع الكمره ١٠٠ سم ويظل الحساب كما هو .

$$q_s = \frac{Q_s}{.87 T \times b} = \frac{22500}{.87 \times 100 \times 40} = 6.64 \text{ kg / cm}^2$$

## 2- Check of punching

## Check of punch to beam

$$Q_p = 45 - 0.25 \times 0.35 \times 9 = 44.2125 \text{ ton}$$

$$q_p = \frac{442125}{(25 + 35) \times 2 \times 100} = 3.40 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ Kg / cm}^2$$

## 3- Check of bond

## Check of bond to slab

$$Q_b = \text{arm of B.M} \times \text{load / m}^2 = 0.80 \times 5.85 = 4.68 \text{ ton}$$

$$q_b = \frac{Q_b}{\Sigma \phi \times \pi \times D \times .87 \times T} = \frac{4680}{12 \times 3.14 \times 1.3 \times .87 \times 25} = 4.39 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

حيث :

$$\begin{aligned} 12 &= \text{عدد الأسياخ } 13 \text{ م في المتر الطولي ككثافة علوى وسفلى} \\ 1,3 &= \text{قطر سيخ } 13 \text{ م} \\ 3,14 &= \text{النسبة التقريبية} \\ 20 \times 0,87 &= \text{الارتفاع العامل} \end{aligned}$$

$$A_s \text{ stirr} = \frac{6 \times 0.494 \times 1400}{40 \times 15} = 6.9 \text{ Kg/cm}^2$$

take bent bars 3  $\phi$  16

### النموذج الثالث

#### قاعدة مستطيلة مشتركة لعمودين متساوي الأحمال

#### A rectangular combined footing for two columns equal in weight

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لعمودين مقاس ٢٥ × ٤٠ سم ويتسليح ١٦  $\phi$  ١٦ م لكل عمود والمسافة بين كل عمود من المحور إلى المحور ٣ م والحمل الواقع على كل عمود ٦٠ طن وجهد التربة ١٥ طن / م<sup>٢</sup> وعمق الحفر ٢ م من سطح الأرض ويتم عمل هذا النموذج في حالة تقارب الأعمدة وتختلط القواعد مع بعضها .

**ملحوظة :** القواعد المشتركة هي تلك التي تحمل أكثر من عمود في صف واحد ويمكن تصميم القواعد المشتركة بواسطة الطرق التقليدية باعتبار القاعدة صلبة Rigid member أو باعتبار القاعدة ككرة على أساس مرن ويحقق توزيع الاجهادات بانتظام حيث تكون محصلة القوتين في مركز ثقل القاعدة المشتركة وتلك هي العادة في افراض الاجهادات عند التصميم باعتبار أن القاعدة صلبة أو أن يكون التوزيع يتناسب مع هبوط القاعدة وذلك باعتبار التربة وسط مرن يعطى رد فعل يتناسب مع التضاضع في التربة .

التصميم :

الحمل بما فيه إضافة الأساس حسب هذه المعادلة :

$$\begin{aligned} \bar{W} &= \frac{W}{1 - u_a \cdot D_f / q_{all}} \\ &= \frac{120}{1 - \frac{2 \times 2}{15}} = \frac{120}{0.734} = 163 \text{ ton} \end{aligned}$$

إيجاد أبعاد القاعدة تستعمل المعادلة من الدرجة الثانية الآتية :

$$\bar{W} = A (L + A) \times f \text{ allowable of soil}$$

$$163 = A (3 + A) 15 = 15A^2 + 45A \quad 163 =$$

$$A = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$+ 45 \pm \sqrt{45^2 - 4 \times 15 \times -163}$$

length of the base (B)

load at the area of base per m<sup>2</sup>

load at the area of base per m<sup>2</sup>

$$= \frac{-45 + \sqrt{10185}}{30}$$

$$= 3 + 2.30 + 0.15$$

$$= 2.30 \text{ m} \therefore \frac{1}{2} A = 1.15 \text{ m}$$

$$= 5.45 \therefore A = 2.30$$

$$= \frac{120}{5.45} = 22.01 \text{ ton / m}^2$$

$$= \frac{120}{2.3 \times 5.45} = 9.57 \text{ ton / m}^2$$



— ٤٠٠٨ طين

$$\therefore Q^p = 60 - 4.08$$

$$= 55.920 \text{ ton}$$

ولكن للأمان سنأخذ الطريقة الأولى :

$$q_p = \frac{59045}{2 (25 + 40) \pi \cdot 87 \times 50} = 1044 > 8 \text{ kg}$$

في هذه الحالة إما يزداد الارتفاع أو يزداد طول وعرض العمود بمقدار ١٠ سم بارتفاع متر من القاعدة .

$$q_p = \frac{59045}{2 (45 + 60) \pi \cdot 87 \times 50} = 6.46 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

check of bond

$$q_b = \frac{Q_p / 4}{\Sigma \phi \times \pi \times D \times .87 d} = \frac{59042 / 4}{12 \times 3.14 \times 1.6 \times .87 \times 50} = 5.62 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

وعليه يزداد الـ (Pedestal) بمقدار  $\phi \frac{5}{8}$  في الأربعة أركان .

### النموذج الرابع

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لعمودين مختلفين في الأحمال أحدهما يبعد محوره عن الجدار ٥٠ م وقطاعه  $30 \times 30$  م ، بتسليح  $8 \phi 13$  م والحمل الواقع عليه ٥٠ طن ( $P_1$ ) والثاني يبعد عن محور الأول ٣٠ م والعمود الثاني قطاع  $30 \times 30$  م ، بتسليح  $8 \phi 16$  م والحمل الواقع عليه ٨٠ طن ( $P_2$ ) مع اعتبار القطاع الحرساني حرف T ومنسوب التأسيس -٢ م من سطح الأرض وجهد التأسيس ١٩ طن / م<sup>٢</sup> - يختار هذا النوع عندما يكون بعد العمود من الجدار محكوم بأى مسافة والعمود الثاني محكوم بمسافة المحور إلى المحور .

**ملحوظة :** هذا النوع من الأساس يختلف عن الثلاثة أمثلة السابقة حيث كانت محصلة القوتين في مركز ثقل القاعدة المشتركة ويستعمل هذا النوع في حالة الرغبة في التغلب على اللامركزية الناجمة عن وجود أعمدة ملاصقة لخط الجدار أو يبعد عنه قليلاً وذلك باختيار أقرب الأعمدة الداخلية على خط واحد مع عمود الجدار وعمل قاعدة مشتركة للعمودين بحيث يكون مركز ثقل القاعدة منطبقاً على محصلة قوتي العمودين وأيضاً يستخدم القواعد المشتركة حيث يكون واجبة الاستخدام عند تداخل قواعد عدد محدود من الأعمدة المتقاربة ويجب في تلك الحالة تشكيل القاعدة بحيث ينطبق مركز ثقلها مع محصلة قوى الأعمدة المتقاربة وذلك للتغلب على اللامركزية التي قد تسبب دوران أو تفاوت في الهبوط أو زيادة كبيرة في الإجهادات المنقولة للتربة بما قد يزيد عن قدرة تحمل التربة المسموح بها وتأخذ هذه الأنواع أشكلاً عديدة سنأخذ أمثلة لكل منها بعد ذلك .

**التصميم :**

الحمل بما فيه إضافة الأساس حسب هذه المعادلة

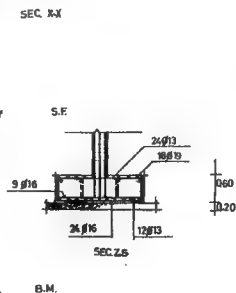
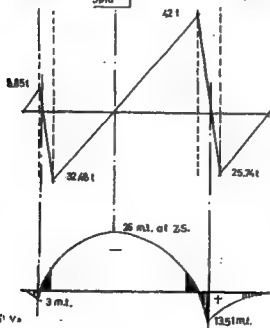
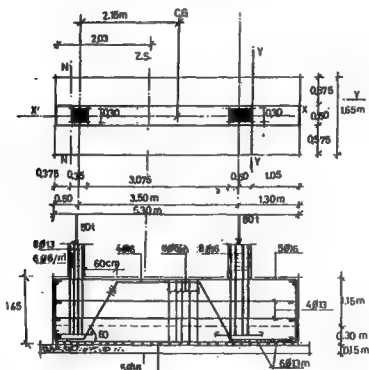
$$\bar{W} = \frac{W}{1 - 8 \cdot D_f / q_{all}} = \frac{130}{2 \times 2} = 164 \text{ ton}$$

$$I = \frac{164}{19} = 8.63 \text{ m}^2$$

Area of base

$$\begin{aligned}
 & \text{Load at area of base / m}^2 = \frac{130}{8.63} = 15.06 \text{ ton / m}^2 \\
 & \text{To get C.G. } \therefore 80 \times 3.5 = 130 \times x \quad \therefore x = 2.15 \text{ m} \\
 & \text{Length of base} = \frac{(0.50 + 2.15) \times 2}{2} = 5.3 \text{ m} \\
 & \text{Breadth of base} = \frac{8.63}{5.30} = 1.62 \text{ m} \\
 & \text{Load at base per m}^2 = \frac{130}{5.30} = 24.52 \text{ ton / m}^2
 \end{aligned}$$

النموذج الرابع  
قاعدة لعمودين أحدهما محور يبعد عن  
الجدار ٠.١٥٠ م يرتبطهما كمرج .



### Design of base

Let breadth of beam = .50 m

∴ arm of B.M

$$= \frac{1.65 - .50}{2} = .575 \text{ m}$$

$$B.M = x - x = \frac{wL^2}{2} = \frac{15.06 \times 0.575^2}{2} = 2.49 \text{ m.t}$$

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{249000}{100}} = 16.6 \text{ cm say T 30 cm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87 T} = \frac{249000}{1227 \times .87 \times 30} = 7.78 \text{ cm}^2 \text{ say } 6 \text{ } 13 / \text{m}$$

$$A_s = 0.2 \% \text{ of area} = 1.62 \times 30 \times \frac{2}{1000} = 9.72 \text{ cm}^2 \text{ say } 13 \phi 10 \text{ to top and bottom}$$

### Design of beam :

$$\text{To get zero shear} = 24.52 \times x = 50 \quad \therefore x = \frac{50}{24.52} = 2.03 \text{ m}$$

$$B.M = y - y = \frac{wL^2}{2} = \frac{1.05^2 \times 24.52}{2} = 13.51 \text{ m.t}$$

$$B.M \text{ at zero shear} = 1.53 \times 50 = \frac{2.03^2 \times 24.52}{2} = 26 \text{ m.t}$$

$$B.M = N - N = \frac{wL^2}{2} = \frac{24.52 \times 0.35^2}{2} = 3 \text{ m.t}$$

$$d \text{ to B.M } 26 \text{ m.t} = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{2600000}{50}} = 80 \text{ cm}$$

To get (d) to shear get  $Q_{sh}$

$$Q_{sh} \text{ at } y - y = 24.52 \times 1.05 = 25.74 \text{ ton}$$

$$Q_{sh} \text{ under column} = 24.52 \times .50 = 12.26 \text{ ton}$$

$$Q_{sh} \text{ at another side of column } P_2 = 80 - (25.75 + 12.26) = 42 \text{ ton}$$

$$Q_{sh} \text{ at } N - N = 24.52 \times .35 = 8.58 \text{ ton}$$

$$Q_{sh} \text{ under column } p_1 = 24.52 \times .35 = 8.58 \text{ ton}$$

$$Q_{sh} \text{ another side of column } P_1 = 50 - (8.58 + 8.58) = 32.48 \text{ ton}$$

$$d \text{ at } Q_{sh} 42 \text{ ton} = \text{let } q_s = 10 \text{ kg / cm}$$

$$\therefore T = \frac{Q_{sh}}{50 \times .87 \times 10} = \frac{42000}{50 \times .87 \times 70} = .96 \text{ cm take T 105 cm}$$

$$A_s \text{ to B.M. } y - y = \frac{M}{K_2 \times .87 T} = \frac{1351000}{1227 \times .87 \times 105} = 12 \text{ cm}^2 \text{ take } 4 \phi 19$$

$$A_s \text{ to B.M at zero shear} = \frac{2600000}{1227 \times .87 \times 105} = 23 \text{ cm}^2 \text{ take } 9 \phi 19$$



$$\begin{aligned}
 A_s \text{ to B.M} &= N - N = \frac{300000}{1227 \times .87 \times 105} = 2.67 \text{ cm}^2 \text{ take } 1\phi 19 \\
 A_s &= \% 015 \text{ from Ac} = 105 \times 50 \times .015 \% = 7.87 \text{ cm take } 3\phi 19 \\
 \text{Check of punching stresses:} \\
 Q_p &= 80 - (.30 \times 50) = 15.06 = 77.74 \text{ ton} \\
 q_p &= \frac{Q_p}{(30 + 50) 2 \times .87 T} = \frac{77740}{(30 + 50) 2 \times .87 \times 105} = 5.31 \text{ kg / cm}^2 < 8 \\
 \text{Check of bond stress to slab} \\
 Q_b &= w \times \text{arm of B.M} = 15.06 \times .56 = 8.43 \text{ ton} \\
 q_b &= \frac{Q_b}{\Sigma \phi \times 3.14 \times D \times .87 T} = \frac{8430}{6 \times 3.14 \times 103 \times .87 \times 30} = 13.18 \text{ kg / cm}^2 > 8 \text{ Kg / cm}^2 \\
 \text{To resist bond stress increase depth to 40 cm and } 9\phi 13 \text{ instead of } 6\phi 13 \\
 q_b &= \frac{8430}{9 \times 3.14 \times 1.3 \times .87 \times 40} = 6.54 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ Kg / cm}^2
 \end{aligned}$$

ملحوظة هامة :

١ - لاستنتاج مساحة الحديد التي تغطي ١٠ كجم / سم<sup>٢</sup> لقوى القص قد سبق أن عرفنا إذا زادت قوى القص عن ٧ كجم / سم<sup>٢</sup> يجب أن نعالج قوى القص بالكانات والأسياخ المكسحة .

٢ - لاستنتاج الكانات بفرض أن الكانة ذات ستة فروع  $6\phi$  ١٠

$$\begin{aligned}
 q_{stirr} &= \frac{A_s \text{ stirr} \times F_y}{b \times a} \\
 &= \frac{6 \times .723 \times 1400}{15 \times 50} = 8.09 \text{ kg / cm}^2
 \end{aligned}$$

حيث :

$$\begin{aligned}
 6 &= \text{عدد فروع الكانة} \\
 15 &= \text{المسافة بين الكاتين بالسـم} \\
 .723 &= \text{مساحة سبيخ } 6\phi 10 \\
 50 &= \text{عرض الكمره بالسـم} \\
 1400 &= \text{جهد الحديد}
 \end{aligned}$$

يوضع ٣  $6\phi 19$  أسياخ مكسحة لتحمل القص (Bent bars) وعليه سيكون هذا الحل مكلف جداً بالنسبة للحديد وإذا تم حساب الفرق بعد زيادة الارتفاع وبين الحديد الناتج من الحساب فلاقتصاد يجب زيادة الارتفاع إلى ١,٤٥ متر ويرجى الرجوع للمنشأة للعمارة كبند الأساسات في دراسة العطاءات فستعرف على الفرق .

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ to T } 1.45 \text{ at B.M at } y - y &= \frac{1351000}{1227 \times .87 \times 145} = 8.73 \text{ cm}^2 \text{ take } 5\phi 16 \\
 A_s \text{ at zero shear} &= \frac{2600000}{1227 \times .87 \times 145} = 16.79 \text{ cm}^2 \text{ take } 9\phi 16 \\
 A_s \text{ at } N - N &= \frac{300000}{1227 \times .87 \times 145} = 1.9 \text{ cm}^2 \text{ take } 2\phi 16 \\
 q_s &= \frac{42000}{50 \times .87 \times 145} = 6.65 \text{ kg / cm}^2 < 7 \text{ Kg / cm}^2
 \end{aligned}$$

put stirr 6  $\phi 6$  at four branches per m

## النموذج الخامس

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لعمودين بنفس بيانات النموذج الرابع ولكن بدلاً من كمرية بين العمودين يتم عمل القاعدة بكون كمرية وبففس الأبعاد والأحمال السابقة .

## Design of base

from example No ( 4 )

$$\begin{aligned}
 \text{Area of base} &= 8.63 \text{ m}^2 \text{ \& load at area of base / m}^2 &= 15.06 / \text{m}^2 \\
 \text{C.G} &= 2.15 \text{ m \& length of base} &= 5.3 \text{ m \& breadth of base 1.62 m} \\
 \text{load at base / m}^- &= 24.52 \text{ ton/ m}^- \text{ \& zero shear} &= 2.03 \text{ m from neighbour} \\
 \text{B.M at zero shear} &= 26 \text{ m.t \& B.M at y - y} &= 7.87 \text{ m.t} \\
 d \text{ to B.M} &= K_1 \sqrt{\frac{m}{b}} = .334 \sqrt{\frac{2600000}{162}} &= 42 \text{ cm} \\
 d \text{ to shear} &= \frac{Q_s}{.87 \times q_s \times b} = \frac{42000}{.87 \times 6 \times 165} &= 48 \text{ say T 55 cm} \\
 A_s &= \frac{m}{k_2 \cdot d} = \frac{2600000}{1227 \times .87 \times 55} &= 44 \text{ cm take 22 } \phi 16 \text{ at 165 cm} \\
 \text{B.M at } x - x &= 1.65 - 30 & \\
 \text{arm of cantilever} &= \frac{2}{0.675^2 \times 15.06} &= .675 \text{ m} \\
 \text{B.M} &= \frac{wxL^2}{2} = \frac{2}{328000} &= 3.28 \text{ m.t} \\
 A_s &= \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{1227 \times .87 \times 55}{1351000} &= 5.12 \text{ cm}^2 \text{ say 5 } \phi 13 / \text{m}^- \\
 A_s \text{ at B.M y - y} &= \frac{1227 \times .87 \times 55}{.55 \times 530 \times 2} &= 23 \text{ cm}^2 \text{ say 12 } \phi 16 \text{ at 165 cm} \\
 A_s^- &= 0.2 \% \text{ Ac} = \frac{1000}{59 \text{ cm}^2 \text{ take 5 } \phi 13 / \text{m} \text{ at top \& bottom}}
 \end{aligned}$$

## Check of punching

$$Q_p = 80 - \left[ \left( a + \frac{2}{3} d \right) \times (b + \frac{2}{3} d) \right] 15.06 = 80 - [(30 + 40)(50 + 40)] 15.06 = 70.52 \text{ ton}$$

$$q_p = \frac{70520}{2(70 + 90) \times .87 \times 55} = 4.60 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ Kg / cm}^2$$

## Check of bond

$$q_p = \frac{Q_p / 4}{\Sigma \phi \times 3.14 \times D \times .87 \times T} = \frac{70520 / 4}{29 \times 3.14 \times 1.6 \times .87 \times 55} = 2.4 \text{ kg/cm}^2 < 8 \text{ kg/cm}^2$$



## النموذج السادس

### قاعدة مشتركة لمعمودين أحدهما ملاصق للجار

Rectangular combined footing for two columns, one of them close to neighbour

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لمعمودين أحدهما ملاصق للجار وحمله ٥٠ طن ( $P_1$ ) وقطاعه ٣٠ × ٣٥، وبسليح  $\Phi 13$  م والمعمود الثاني قطاعه ٣٠ × ٥٠، وبسليح  $\Phi 13$  م وحمله ٨٠ طن ( $P_2$ ) والمسافة بين المعمودين من المحور إلى المحور ٣,٥٠ وجهد التربة الخالص ١٩ طن / م<sup>٢</sup> وعمق الحفر من سطح الأرض ٢ م.

ويتم استعمال هذا النموذج في حالة ما إذا كان المسافة بين المعمودين صغيرة وستختلط القاعدتين مع بعضهما ولتصميم هذه القاعدة يجب أن يكون طول القاعدة مساوياً لضعف المسافة لمركز ثقل المعمودين والتي يتم تحديدها من بعد المحصلة عن خط الجار وبحسب القطاع الخرسانى للقاعدة بحساب عزوم الإنحناء وتوزيعها طولياً على محور القاعدة الخط الواصل من الأعمدة وكما سبق في تصميم القواعد الشريطية أو القاعدة ذات الثلاثة أعمدة ويكون الإجهادات الخالصة  $f$  التى تستخدم لحساب القطاع

بمجموع أحمال الأعمدة

الخرسانى للقاعدة حيث  $f =$  ————— ويجب أن يكون ارتفاع القاعدة يغطى جميع الإجهادات من قص واختراق مساحة القاعدة

وتماسك ، وخلافاً للتصميم المتبع في القواعد ذات الكمرات فإن الاتجاه العرضى transverse direction يجب حساب التسليح اللازم له وتصمم كقاعدة منفصلة لكل عمود على حدة على ألا يزيد عرض هذه القاعدة المعتبر في الاتجاه الطولى عن عرض القاعدة المشتركة أو نصف المسافة بين المعمودين المتجاورين ( لا تزيد عن نصف البحر ) .

### التصميم

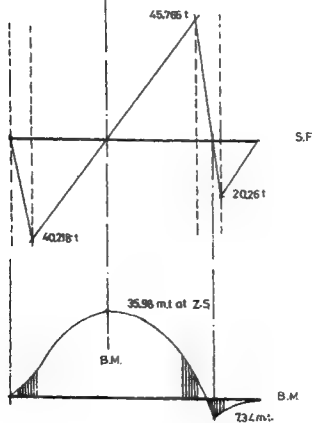
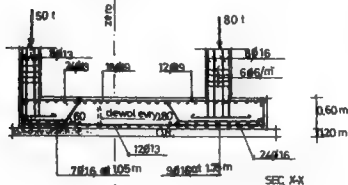
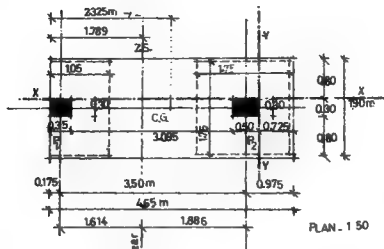
الحمل بما فيه إضافة حسب هذه المعادلة .

$$\begin{aligned} W &= \frac{W}{1 - 8 D_f / a_{ul}} = \frac{130}{1 - \frac{2 \times 2}{19}} = \frac{130}{.79} = 164 \text{ ton} \\ \text{Area of base} &= \frac{164}{19} = 8.63 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

لاستنتاج مسافة مركز ثقل القاعدة (C.G) يتبع الآتى .

$$\begin{aligned} \text{C.G} &= 80 \times 3.5 = 1.3 \times x \quad \therefore x = 2.15 \text{ m} \\ \text{The length of the base} &= (2.15 + .175) \times 2 = 4.65 \text{ m} \\ \text{The breadth of the base} &= \frac{8.63}{4.65} = 1.86 \text{ say } 1.90 \text{ m} \\ \text{Load at base / m}^2 &= \frac{130}{8.83} = 15.06 \text{ ton / m}^2 \\ \text{Load at base / m} &= \frac{130}{4.65} = 27.95 \text{ Ton / m} \\ \text{Ta get zero shear,} &= 27.45 \times x = 50 \quad \therefore x = 1.789 \text{ m} \end{aligned}$$

المحور ج الأساس  
قاعدة مستطيلة مشتركة لعمودين أحدهما مدعوم بالجار



### Design of base

$$\begin{aligned}
 \text{B.M} = y - y &= \frac{wL^2}{2} = \frac{27.95 \times .725^2}{2} = 7.34 \text{ m.t} \\
 \text{B.M} = N - N &= \frac{wL^2}{2} - 50x = \frac{27.95 \times 1.789^2}{2} - 50 \times 1.614 = 35.98 \text{ m.t} \\
 \text{B.M} = x - x &= \frac{wL^2}{2} / \bar{m} = \frac{0.80^2 \times 15.06}{2} = 4.81 \text{ m.t} / \bar{m}
 \end{aligned}$$

### Transverse direction

سبق أن أخذنا العزم حول N-N وهذا العزم يمثل الاتجاه الطولي ولا يحتاج العزم تحت الأعمدة تقسم المسافة بين محوري العمودين  $\div 2$  أى  $\frac{3.0}{2} = 1.5$  وهى أقل من عرض القاعدة ١.٩٠ وتصمم كقاعدة منفصلة لكل عمود على حدة على ألا يزيد عرض هذه القاعدة عن ١.٩ وسنأخذ عرض هذه القاعدة ١.٧٥ م.

$$\begin{aligned}
 \text{The distance of cantilever} &= \frac{1.75 - 30}{2} = .725 \text{ m} \\
 \text{B. M under } P_1 &= \frac{50}{2} \times \frac{.725^2}{2} = 6.57 \text{ m.t} \\
 \text{B.M under } p_2 &= \frac{80}{2} \times \frac{.725^2}{2} = 10.51 \text{ m.t} \\
 d \text{ to B.M } 35.98 \text{ m.t} &= .334 \sqrt{\frac{3598000}{190}} = 48 \text{ cm tak T } 50 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

To get d to resist shear

$$\begin{aligned}
 Q_s \text{ at } y - y &= .725 \times 27.95 = 20.26 \text{ ton} \\
 Q_s \text{ under } P_2 &= .50 \times 27.95 = 13.975 \text{ ton} \\
 Q_s \text{ at another side to } P_2 &= 80 - (20.26 + 13.975) = 45.765 \text{ ton} \\
 Q_s \text{ under } P_1 &= .35 \times 27.95 = 9.782 \text{ ton} \\
 Q_s \text{ at another side to } P_1 &= 50 - 9.782 = 40.218 \text{ ton} \\
 d \text{ to shear } 45.765 \text{ ton} &= \frac{45765}{190 \times .87 \times 8} = 34.60 \text{ cm say T } (50)
 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ at B.M-} 35.98 \text{ m.t} = \frac{M}{K_2 . 87 T} = \frac{3598000}{1227 \times .87 \times 50} = 67.41 \text{ cm}^2 \text{ say } 24 \phi 19 \text{ mm}$$

$$\text{Increase (T) to } 60 \text{ cm to decrease } A_s = \frac{3598000}{1227 \times .87 \times 60} = 56.71 \text{ cm}^2 \text{ say } 18 \phi 19 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ to B.M } 4.81 \text{ m.t} / \bar{m} \text{ to } 4.65 \text{ m} = 4.81 \times 4.65 = 22.365 \text{ m.t} = \frac{2236500}{1227 \times .87 \times 60} = 34.92 \text{ cm}^2 \text{ say } 24 \phi 16 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ under } P_1 &= \frac{657000}{1227 \times .87 \times 60} = 10.25 \text{ cm}^2 \text{ say } 7 \phi 16 \text{ mm} \\
 &\quad 1051000 \\
 &\quad 1.05 \text{ m} \\
 A_s \text{ under } P_2 &= \frac{1051000}{1227 \times .87 \times 60} = 16.40 \text{ cm}^2 \text{ say } 9 \phi 16 \text{ mm} \\
 &\quad 1.75 \text{ m} \\
 A_s \text{ at } y - y &= \frac{734000}{1227 \times .87 \times 60} = 11.45 \text{ cm}^2 \text{ say } 12 \phi 13 \\
 &\quad 100 \times 60 \times 2 \\
 A_s = 0.2\% \text{ Ac at one meter.} &= \frac{1000}{1000} = 12 \text{ cm}^2 / \text{m} \text{ say } 6 \phi 13 \text{ /m}^2 \text{ at top \& bottom}
 \end{aligned}$$

#### Check of punching stresses

$$\begin{aligned}
 Q_{p_2} &= 80 - (b + \frac{2}{3} d) (A + \frac{2}{3} d) 15.06 \\
 &= 80 - (.30 + .40) (.50 + .40) 15.06 = 70.52 \text{ ton} \\
 &= \frac{70520}{2 (70 + 90) .87 \times 60} = 4.22 \text{ k / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2 \\
 Q_{p_1} &= 50 - (b + \frac{2}{3} d) (A + \frac{2}{3} d) 15.06 \\
 &= 50 - (.30 + .40) (.35 + .40) 15.06 = 42.094 \text{ ton} \\
 &= \frac{42094}{(2 \times 75 + 70) .87 \times 60} = 3.665 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2
 \end{aligned}$$

#### Check of bond stress

$$\begin{aligned}
 Q_b &= Q_p / 4 \\
 &= 70520 / 4 \\
 q_b \text{ at } p_2 &= \frac{70520}{9 \times 1.6 \times 3.14 \times .87 \times 60} = 4.45 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2
 \end{aligned}$$

### النموذج السابع

#### قاعدة مشتركة شبه منحرف لعمودين أحدهما ملاصق للجدار

#### A combined trapezium footing for two columns one of them close to neighbour

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لشبه منحرف لعمودين أحدهما ( $P_1$ ) ملاصق لحظ الجدار (line property) قطاعه  $40 \times 30$  سم ويتسليح  $8 \phi 16$  م والحمل الواقع عليه  $60$  طن والعمود الثاني ( $P_2$ ) قطاعه  $30 \times 60$  ويتسليح  $12 \phi 16$  م والحمل الواقع عليه  $100$  طن والمسافة بين محوري الأعمدة  $3.50$  م وإجمالي طول القاعدة  $4.65$  م وجهه التربة  $19$  طن / م<sup>3</sup> وعمق الحفر من سطح الأرض  $2.0$  م.

**ملحوظة:** حدد طول القاعدة  $4.65$  م مثل المثال السابق لقاعدة مشتركة مستطيلة لعمودين أحدهما ملاصق للجدار وكان حمل كل منها  $80$  ، وكانت للقاعدة مطلق الحرية في الطول وفي هذه القاعدة حدد هذا الطول بمقدار  $4.65$  م ولكن زيدت الأحمال إلى  $60$  ،  $100$  طن وهذه الزيادة لا بد لها من مسطح أكبر فلا تصلح القاعدة المستطيلة وتصلح القاعدة الشبه منحرف لتعطينا المساحة المطلوبة لتوزيع الجهد - وبذلك تكون المحصلة  $w$  (مجموع حمل العمودين) فإنها ستقع على مسافة  $s$  من الجهة الداخلية والمسافة  $z$  من الجهة الخارجية وعليه يكون اختيار الشكل المستطيل مصحوباً للا مركزية وللتغلب على ذلك يجب تشكيل

القاعدة في السقوط الأفقي بحيث ينطبق مركز ثقل هذا الشكل على موقع المحصلة ويكون هذا الشكل هو شبه المنحرف .  
وعليه يمكن حساب القيمة القصوى للوزن السالب والموجب ويحدد عرض القاعدة المناظر وكذلك قيمة القص القصوى وعرض القاعدة المناظر فإذا ما كان العرض المناظر أكثر من نصف البحر يأخذ العرض مساوياً لنصف البحر أى ٣,٥ م ÷ ٢ مثل المثال السابق أو بطريقة سيتم الحل بها .  
التصميم :

$$W = \text{total load of two column} = 60 + 100 = 160 \text{ ton}$$

$$W = \frac{W}{1 - \gamma_s \cdot D_p / q_{all}} = \frac{160}{1 - \frac{2 \times 2}{19}} = \frac{160}{.789} = 202 \text{ ton}$$

$$\text{Area of base} = \frac{202}{19} = 10.63 \text{ m}^2$$

$$\text{net load on m}^2 \text{ for base} = \frac{160}{10.63} = 15.05 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{To get C.G} &= 100 \times 3.5 = 160 \times x & \therefore x &= 2.19 \text{ m from } p_1 \\ \text{The distance (S)} &= 4.65 - (2.19 + 20) & &= 2.26 \text{ m from C.G} \end{aligned}$$

لاستنتاج الضلع الأكبر للقاعدة  $B_2$  والضلع الأصغر للقاعدة  $B_1$  يستعمل القانونين التاليين :

$$\begin{aligned} 1- B_1 &= \frac{2A}{L^2} (3S - L) = \frac{2(10.63)}{(4.65)^2} (3 \times 2.26 - 4.65) \\ &= \frac{21.26}{21.62} (6.78 - 4.65) = 1.92 \text{ m} \\ 2- B_2 &= \frac{2A}{L} - B_1 = \frac{2(10.63)}{4.65} - 1.92 \\ &= \frac{4.57}{4.65} - 1.92 = 2.65 \end{aligned}$$

حيث :

$B_1$  = الضلع الأصغر للشبه منحرف .

$B_2$  = الضلع الأكبر للشبه منحرف .

$A$  = مساحة الشبه منحرف .

$S$  = المسافة من الـ C.G حتى نهاية القاعدة من الداخل .

$L$  = طول القاعدة على المحور .

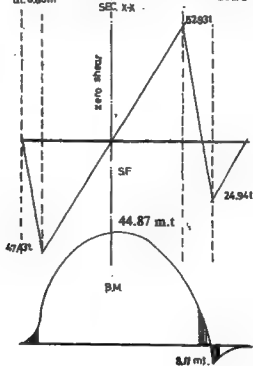
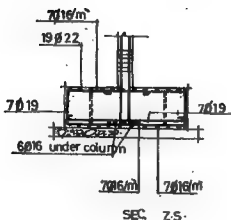
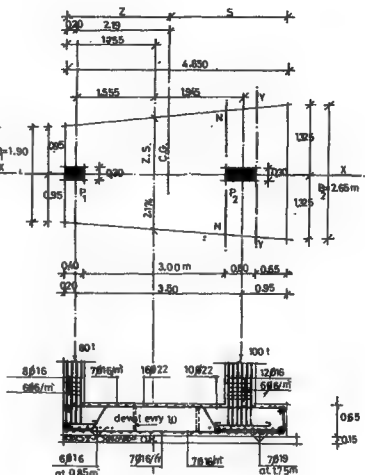
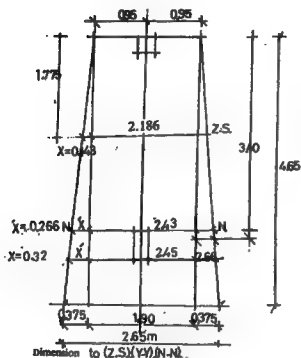
وللتأكد من هذه النتائج تستخرج مساحة الشبه منحرف كالتالى :

$$A = \frac{B_1 + B_2}{2} \times L = \frac{1.92 + 2.65}{2} \times 4.65 = 10.625 \text{ m}^2 \therefore \text{safe}$$

$$\text{Load at base / m}^2 = \frac{160}{10.625} = 15.05 \text{ ton / m}^2$$



النموذج السابع : قاعدة مشتركة بين عمودين أحدهما مدعوم للبحار



$$\text{Load at one meter under } p_1 = 15.05 \times 1.92 = 28.90 \text{ ton / m}$$

$$\text{To get zero shear } \therefore p_1 = f \text{ Net } \times x + L \times x^2 \quad \text{قانون}$$

$$\therefore 60 = 28.90 \times x + 3 \times x^2$$

$$= 3x^2 + 28.90x - 60 = 0$$

هذه المعادلة من الدرجة الثانية ولحلها يتبع القانون الآتي والسابق شرحه :

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{28.90 \pm \sqrt{28.896^2 - 4 \times 3 \times -60}}{2 \times 3} = 1.755 \text{ m}$$

حيث :

$$p_1 = \text{حمل العمود الملاصق للجدار} = 60$$

$$F_{\text{net}} = \text{الجهد على القاعدة بالتر المسطح} = 28.90$$

$$x = \text{المسافة الى zero shear من نهاية القاعدة الملاصقة للجدار}$$

$$L = \text{المسافة بين وجهي الأعمدة} = 3 \text{ m} = (3.0 + 2.0) - 3.0$$

To get breadth at zero shear

$$(1) \text{ get } x = \left( \frac{2.65 - 1.90}{4.65} = \frac{x}{1.775} \right) \therefore \left( \frac{.375}{4.65} = \frac{x}{1.775} \right) \therefore x = .143 \text{ m}$$

$$(2) \text{ the breadth of zero shear} = (2 \times .143) + 1.90 = 2.186 \text{ m}$$

To get breadth at N - N

$$= \left( \frac{2.65 - 1.90}{4.65} = \frac{x}{3.40} \right) \therefore \left( \frac{.365}{4.65} = \frac{x}{3.40} \right) \therefore x = .266 \text{ m}$$

$$\therefore \text{ the breadth at N - N} = .266 \times 2 + 1.90 = 2.432 \text{ m}$$

Take B.M = zero shear

$$= 1.555 \times 60 - \frac{2.186 + 1.90}{2} \times \frac{1.775^2}{2} \times 15.05 = 44.87 \text{ m.t}$$

To check take B.M at column 100 ton

$$= 1.945 \times 100 - \frac{2.65 + 2.186}{2} \times \frac{2.875^2}{2} \times 15.05 = 44.61 \text{ m.t}$$

ملحوظة هامة : تم عمل مقارنة باستنتاج الزعم الحائز بطريقتين للتأكد من صحة هذه المعادلات حيث بها تقريب بسيط جداً وهذا واضح من النتائج .

Transverse Direction

$$\begin{array}{l} \text{B.M under } P_1 \\ \frac{P_1}{2} = \frac{60}{2} \\ \frac{B_1 - 0.30}{2} = \frac{1.90 - .30}{2} \\ \frac{B_1 - 0.30}{4} = \frac{1.90 - .30}{4} \end{array} \quad \begin{array}{l} \times \\ \times \\ \times \end{array} \quad \begin{array}{l} \frac{B_1 - 0.30}{4} \\ \frac{1.90 - .30}{4} \\ \frac{B_2 - .30}{4} \end{array} = 9.6 \text{ m.t}$$

B.M under  $P_2$

$$\begin{array}{l} \frac{P_2}{2} = \frac{100}{2} \\ \frac{B_2 - .30}{2} = \frac{2.65 - .30}{2} \\ \frac{B_2 - .30}{4} = \frac{2.65 - .30}{4} \end{array} \quad \begin{array}{l} \times \\ \times \\ \times \end{array} \quad \begin{array}{l} \frac{B_2 - .30}{4} \\ \frac{2.65 - .30}{4} \\ \frac{B_2 - .30}{4} \end{array} = 34.5 \text{ m.t}$$

حيث :

$$P_1 = \text{حمل العمود الملاصق للجدار } 60 \text{ طن}$$

$$B_1 = \text{عرض القاعدة الملاصقة للجدار} = 1.90$$

$$.30 = \text{عرض العمود الملاصق للجدار}$$

$$P_2 = \text{حمل العمود الداخلي} = 100 \text{ طن}$$

$$B_2 = \text{عرض القاعدة من الداخل} = 2.65$$

$$.30 = \text{عرض العمود الداخلي}$$

To get breadth at y - y

$$\left( \frac{2.65 - 1.90}{4.65} = \frac{x}{4.0} \right) \times 2 + 190 = 2.45 \text{ m}$$

To get shearing force say:-

$$Q_s \text{ at y - y} = \frac{2.65 + 2.45}{2} \times .65 \times 15.05 = 24.94 \text{ ton}$$

$$Q_s \text{ under column } P_2 = 2.45 \times .60 \times 15.05 = 22.123 \text{ ton}$$

$$Q_s \text{ at N - N} = 100 - (24.94 + 22.123) = 52.93 \text{ ton}$$

$$Q_s \text{ under column } P_1 = 0.30 \times 1.90 \times 15.05 = 8.57 \text{ ton}$$

$$Q_s \text{ another side } P_1 = 60 - 8.57 = 47.43 \text{ ton}$$

To get d take  $Q_s$  (52.93 ton) to resist shear

$$T \text{ at y - y} = \frac{52930}{262 \times .87 \times 6} = 38.70 \text{ say } 50$$

$$B.M \text{ at y - y} = \frac{2.45 + 2.65}{2} \times \frac{.65^2}{2} \times 15.05 = 8.11 \text{ m.t}$$

$$d \text{ to B.M at zero shear} = .334 \sqrt{\frac{4500000}{218.6}} = 48.09 \text{ cm say } T 55 \text{ cm}$$

$$\text{As to zero shear} = \frac{M}{K_2 \times d} = \frac{4487000}{1227 \times .87 \times 55} = 84 \text{ cm}^2 = 22 \phi 22$$

Increase T to 65 cm because this section is not economy

$$\text{As to zero shear} = \frac{M}{K_2 \times d} = \frac{4487000}{1227 \times .87 \times 65} = 64.85 \text{ cm}^2 \text{ take } 16 \phi 22$$

$$\text{As per } m = 0.2 \% \text{ from } A_c = \frac{1000}{100} = 13 \text{ cm}^2/m \therefore 7 \phi 16/m$$

$$\text{As at y - y} = \frac{837700}{1227 \times .87 \times 65} = 12.07 \text{ cm}^2 \text{ take } 9 \phi 13$$

$$\text{As under } P_1 = \frac{960000}{1227 \times .87 \times 50} = 13.83 \text{ cm}^2 \text{ take } 6 \phi 16$$

$$\text{As under } P_2 = \frac{3306000}{1227 \times .87 \times 65} = 47.64 \text{ cm}^2 \text{ take } 17 \phi 19$$

1.75 m

## check of punching

$$\frac{2}{3} T = \frac{2}{3} \times 65 = .43 \text{ m}$$

$$Q_p \text{ at } P_1 = 60 - (.40 + .43) (.30 + .43) \times 15.05 = 51.26 \text{ ton}$$

$$q_p \text{ at } P_1 = \frac{51260}{(40 + 43) 2 + (30 + 43) .87 \times 65} = 3.79 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ Kg / cm}^2$$

$$Q_p \text{ at } P_2 = 100 - [(.60 + .43) (.30 + .43)] \times 15.05 = 88.22 \text{ ton}$$

$$q_p \text{ at } P_2 = \frac{88220}{[(60 + 43) + (30 + 43)] 2 \times .87 \times 65} = 5.34 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ Kg / cm}^2$$

## check of bond

$$Q_b \text{ at } P_2 = Q_p / 4$$

$$q_b \text{ at } P_2 = \frac{88220 / 4}{17 \times 1.9 \times 3.14 \times .87 \times 65} = 3.84 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ Kg / cm}^2$$

## المحورج الثامن

سبق بالمحورج السابع لتصميم قاعدة مشتركة شبه منحرف بدون كمر بين العمودين والمحورج الثامن هو نفس المثال السابق ولكن هناك كمر تربط العمودين ببعضهما والمقاسات للقاعدة كما في المثال السابق طولها  $4.60 \times 2.60 / 1.9 \text{ م}$  والعزم الحالى  $44.87 \text{ م.طن}$  وقوى القص  $52.93 \text{ طن}$  والجهد على القاعدة  $10.00 \text{ طن / م}^2$  ومقاس العمودين كالسابق والمطلوب تصميم قاعدة بقطاع T على أساس البيانات السابقة.

## التصميم

## Design of slab

$$\text{Let the breadth of beam} = .50$$

$$\text{The arm of B.M at N - N} = \frac{2.432 \times .50}{2} = .965 \text{ m}$$

$$\text{B.M} = \frac{wL^2}{2} / \text{m} = \frac{15.05 \times .965^2}{2} = 7 \text{ m.t}$$

$$Q_s \text{ at one meter from slab} = 15.05 \times .965 = 14.25 \text{ m.t}$$

$$d \text{ to resist shear} = \frac{14250}{100 \times .87 \times 7} = 23 \text{ say } T 30 \text{ cm}$$

$$T \text{ to resist B.M} = .334 \frac{\sqrt{700000}}{100} = 27.94 \text{ cm say } 35 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87 \times T} = \frac{700000}{1227 \times .87 \times 35} = 18 \text{ cm}^2 \text{ say } 9 \phi 16 / \text{m}^2$$

$$\bar{A}_s = 0.2 \% \text{ from } A_c = \frac{2.43 \times 35 \times 2}{1000} = 17 \text{ cm}^2 = 14 \phi 13 \text{ at top \& bottom}$$

check of bond

$$Q_b \text{ to slab} = 14.25 \text{ ton}$$

$$q_b = \frac{Q_b}{\Sigma \phi \times 3.14 \times .87 T} = \frac{14250}{18 \times 3.14 \times 1.6 \times .87 \times 35} = 5.17 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg}$$

Design of beam

$$\text{let } b = 50$$

$$d \text{ to B.M} = K_1 \sqrt{\frac{M_1}{B}} = .334 \sqrt{\frac{4487000}{50}} = 100 \text{ cm take } 105 \text{ cm}$$

$$T \text{ to } Q_{sh} = \frac{52930}{8 \times .87 \times 50} = 145 \text{ cm take } 150 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{k_2 \cdot d} = \frac{4487000}{1227 \times .87 \times 150} = 28 \text{ cm}^2 \text{ say } 10 \phi 19$$

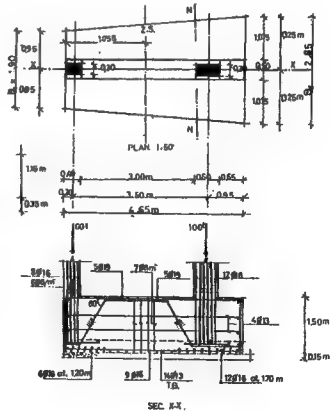
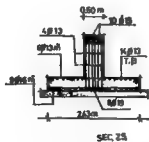
$$\bar{A}_s = 0.2 \% A_c = \frac{50 \times 150 \times 2}{1000} = 15 \text{ cm}^2 \text{ say } 5 \phi 19$$

check of punching

$$Q_p = 100 - (.60 \times .30 \times 15.05) = 97.291 \text{ ton}$$

$$q_p = \frac{97291}{2 (30 + 60) \times .87 \times 150} = 4.141 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

المخطط الإنشائي  
قاعدة سبيل متكونة من ركبتين لعاصوريتين أحدهما مدعوم الجانبي والآخر



$A_s$  stirrups

We take  $q_s$  8 kg / cm<sup>2</sup>

$$A_s \text{ stirrup} = \frac{6 \times .494 \times 1400}{15 \times 50} = 5.53 \text{ kg / cm}^2$$

put bent bars 4  $\phi$  19 and stirrup  $\phi$  8 every 15 cm 6 branches.

### النموذج التاسع

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لثلاثة أعمدة منهم عامودين ملاصقين للجدار حمل أحدهما ١٣٠ طن بقطاع ٨٥ × ٣٠ سم وبسليح ١٢  $\phi$  ١٦ والأوسط حمله ١٦٠ طن بقطاع ٣٠ × ١٠٠ سم ١٦  $\phi$  ١٦ والثالث حمله ١١٠ طن بقطاع ٣٠ × ٧٥ سم وبسليح ١٠  $\phi$  ١٦ وجهد الأرض ٢٠ طن / م<sup>٢</sup> وعمق الحفر -٢ م ويربط هذه الأعمدة ككرة بالوسط والمسافة من الأعمدة ٥,٥٠, ٥, ٥ م من محور الأعمدة.

التصميم :

$$W = \text{total load of three column} = 110 + 160 + 130 = 400 \text{ ton}$$

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \frac{q_s \cdot D_e}{q_{all}}} = \frac{400}{1 - \frac{12 \times 2}{20}} = \frac{400}{.90} = 444 \text{ ton}$$

$$\text{Area of base} = \frac{444}{20} = 22.2 \text{ m}^2$$

$$\text{net load on m}^2 \text{ for base} = \frac{400}{22.2} = 18 \text{ ton / m}^2$$

$$\text{Total length of base} = 5 + 5.5 + \frac{.70 + 80}{2} = 11.25 \text{ m}$$

$$\text{The breadth of the base} = \frac{22.2}{11.25} = 1.97 \text{ m}$$

$$\text{load / m}^2 = \frac{400}{11.25} = 35.55$$

$$\text{To get C.G of three loads} = 160 \times 5 + 130 \times 10.5 = 400 \times x \quad \therefore x = 5.41 \text{ m}$$

$$\text{zero shear to distance 5 m} = 35.55 \times x = 110 \quad \therefore x = 3.09 \text{ m}$$

$$\text{zero shear to distance 5.5} = 35.55 \times x = 130 \quad \therefore x = 3.65 \text{ m}$$

$$\text{The distance from C.G to axis of load 160 ton} = 5.41 - 5.00 = 0.41 \text{ m}$$

### Design of base

let breadth of beam 60 cm

$$\text{The arm of B.M to base} = \frac{1.97 - .60}{2} = .685 \text{ m}$$

$$\text{B.M to base} = \frac{w l^2}{2} = \frac{18 \times .685^2}{2} = 4.22 \text{ m.t}$$

$$\text{Take } f_c = 55 \text{ kg / cm}^2 \quad K_1 = .334 \quad K_2 = 1227 \text{ when } f_c = 1400 \text{ Kg/cm}^2$$



### Design of beam 5.5 m

$$\text{Distances of 3.5 from C.G of column} = 3.65 - .40 = 3.25 \text{ m}$$

$$\text{B.M to beam 5.5 m} = 3.25 \times 130 - \frac{3.65^2 \times 35.55}{2} = 186 \text{ m.t}$$

$$d = k_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{18600000}{60}} = 175 \text{ cm}$$

$$Q_s = 130 - .80 \times 35.55 = 101 \text{ ton}$$

$$d \text{ to shear} = \frac{101000}{12 \times .87 \times 60} = 161 \text{ say } T \ 175 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{f_s \times .87 T} = \frac{18600000}{1400 \times .87 \times 175} = 97 \text{ cm} = 14 \phi 28$$

$$A_s \text{ stirr} = \frac{6 \times .723 \times 1400}{60 \times 15} = 6.748 \text{ kg / cm}^2$$

Take stirrups every 15 cm  $\phi 10$  six branches

$$A_s b = \frac{(12 - 6.748) \times 175 \times \sqrt{3 \times 60}}{1400 \times 2} = 34 \text{ cm}^2 \text{ say } 6 \phi 28$$

$$A_s^- = 60 \times 175 \times 0.15\% = 16 \text{ cm say } 4 \phi 25$$

### Design of beam 5 m

$$\text{distance of zero shear from C.G of column 110 ton} = 3.09 - .35 = 2.74 \text{ m}$$

$$\text{B.M to beam 5 m} = 2.74 \times 110 - \frac{2.74^2 \times 35.55}{2} = 167 \text{ m.t}$$

$$Q_s = 110 - .70 \times 35.55 = 85 \text{ ton}$$

$$q_s = \frac{85000}{60 \times .87 \times 175} = 9.6 \text{ kg / cm}^2$$

$$A_s = \frac{M}{f_s .87 T} = \frac{16700000}{1400 \times .87 \times 175} = 78 \text{ cm}^2 \ 13 \phi 28$$

$$|q| \text{ stirr} = \frac{6 \times .494 \times 1400}{60 \times 15} = 4.61 \text{ kg / cm}^2$$

Take stirrups every 15 cm  $\phi 8$  six branches

$$A_s \text{ bent} = \frac{(9.6 - 4.61) \times 175 \times \sqrt{.3 \times 60}}{1400 \times 2} = 32 \text{ cm}^2 \ 6 \phi 28$$

$$\text{B.M at C.G} = (.41 \times 160 + 5.41 \times 110) - \frac{5.76^2 \times 35.55}{2} = 70 \text{ m.t}$$

$$\text{B.M at axis of column 160 ton} = (.80 \times 25 + 110 \times 5) - \frac{5.35^2 \times 35.55}{2} = 62 \text{ m.t}$$

$$\text{distance of z.s at right load 160 ton} = 5.90 - 3.65 - .50 = 1.75 \text{ m}$$

$$Q_s = 1.75 \times 35.55 = 62.21 \text{ ton}$$



|                                      |                          |                  |
|--------------------------------------|--------------------------|------------------|
| distance of z.s at left load 160 ton | = 5.35 - 3.09 - .50      | = 1.76 m         |
| $Q_2$                                | = 1.76 x 35.55           | = 62.568 ton     |
| $Q_3$ under column                   | = 1 x 35.55              | = 35.55 ton      |
| check of $Q$                         | = 62.21 + 62.568 + 35.55 | = 160.328 ton ok |

Check of bond to base:

|       |  |                                 |
|-------|--|---------------------------------|
| $Q_b$ | = .685 x 18  | = 12.33 ton                     |
| $q_b$ | = $\frac{12330}{11 \times 1.3 \times 3.14 \times .87 \times 35}$ | = 9.01 > 8 kg / cm <sup>2</sup> |

|                        |  |                                 |
|------------------------|--|---------------------------------|
| take. T = 40 and check | = $\frac{12330}{11 \times 1.3 \times 3.14 \times .87 \times 40}$ | = 5.97 < 8 kg / cm <sup>2</sup> |
|------------------------|--|---------------------------------|

## النموذج العاشر

### القواعد الكابولية Strap Footing

المطلوب تصميم قاعدتان منفصلتان لعمودين أحدهما ملاصق للجدار وحمل العمود ٦٠ طن ( $P_1$ ) بقطاع ٣٠ × ٤٠ سم وبسليح ٨  $\Phi$  ١٦ م والعمود الداخلى بقطاع ٣٠ × ٦٠ سم وحمله ١٠٠ طن ( $P_2$ ) وبسليح ١٢  $\Phi$  ١٦ م والمسافة بين عمورى العمودين ٤,٥٠ م يربطهما كابولى Strap beam وجهه التربة الخالص ٢٠ طن / م وعمق الحفر ١,٨٠ م من سطح الأرض .

وهذا النموذج يتم في حالة مسافة كبيرة بين القاعدتين وعند التصميم لا يخطئاً بهضهما وتستخدم كبديل للقواعد المشتركة المستطيلة أو شبه منحرف ويكون استخدامها أكثر ملائمة إذا ما كانت الأعمدة متباعدة مما يسبب ضخامة القاعدة المشتركة إذا ما اختبرت مستطيلة أو شبه منحرف. ويقوم الكابولى بمقاومة اللامركزية عن طريق عزوم الإنثناء وقوى قص تأخذ قيمتها القصوى قرب عمود الجدار - وتقاوم قوى الأعمدة بقواعد منفصلة من اللامركزية وتصمم كقواعد منفصلة معرضة لقوى عمورية ومهمة تلك القواعد توزيع الأحمال على التربة مع الأخذ في الاعتبار الشروط الآتية :

- ١ - يفترض أن وزن الكابولى strap beam مهملاً ولا يشترك في توزيع الحمل على التربة .
- ٢ - نفترض لا مركزية (e) للقاعدة الخارجية لإمكان حساب قوى القص والعزوم وعليه فلا يوجد حل واحد للحالة الواحدة بشرط أن يكون عرض الكابولى أكبر من عرض العمود بمقدار ١٠ سم على الأقل .

التصميم :-

نفرض أن قاعدة الجدار طوله ١٨٠ سم وعمورها  $\frac{180}{2} = 90$  سم  $\therefore e = 90 - 70 = 20$  ،  $\therefore$

|             |   |  |              |
|-------------|---|--|--------------|
| $L_1$       | = L - e   | = 4.5 - .70                                    | = 3.80 m     |
| $\bar{P}_1$ | = $\frac{P_1 \times L}{L_1}$                      | = $\frac{60 \times 4.5}{3.80}$                 | = 71.05 ton  |
| $\bar{P}_2$ | = $P_1 + P_2 - \bar{P}_1$                         | = (60 + 100) - 71.05                           | = 88.95 ton  |
| $\bar{W}_1$ | = $\frac{\bar{P}_1}{1 - u_g \cdot D_p / q_{ult}}$ | = $\frac{71.05}{1 - \frac{2 \times 1.80}{20}}$ | = 86.46 ton  |
| $\bar{W}_2$ | = $\frac{\bar{P}_2}{0.82}$                        | = $\frac{88.95}{0.82}$                         | = 108.47 ton |

|   |  |          |  |
|---|--|----------|--|
| $A_1$                                     | $= \frac{86.46}{20}$                                 | $= 4.32$ | $= (1.8 \times 2.4) \text{ m}$         |
| $A_2$                                     | $= \frac{108.47}{20}$                                | $= 5.42$ | $= (2.20 \times 2.50) \text{ m}$       |
| The Load on base $P_1$ per m              | $= \frac{71.05}{1.80}$                               |          | $= 39.47 \text{ ton / m}$              |
| The Load on base $P_1$ per m <sup>2</sup> | $= \frac{71.05}{4.32}$                               |          | $= 16.44 \text{ ton / m}^2$            |
| The Load on base $P_2$ per m              | $= \frac{88.95}{2.5}$                                |          | $= 35.58 \text{ ton / m}$              |
| The Load on base $P_2$ per m <sup>2</sup> | $= \frac{88.95}{5.42}$                               |          | $= 16.41 \text{ ton / m}^2$            |
| B.M to beam at end of base $P_1$          | $= 71.05 \times 1.60 - \frac{39.47 \times 1.8^2}{2}$ |          | $= 113.68 - 63.94 = 49.64 \text{ m.t}$ |
| $Q_s$ to base $P_2$                       | $= .95 \times 35.58$                                 |          | $= 33.800 \text{ ton}$                 |
| $Q_s$ under column $P_2$                  | $= .60 \times 35.58$                                 |          | $= 21.348$                             |
| $Q_s$ another side of column $P_2$        | $= 88.95 - (33.800 + 21.348)$                        |          | $= 33.800 \text{ ton}$                 |
| $Q_s$ under column $P_1$                  | $= .40 \times 39.47$                                 |          | $= 15.788 \text{ ton}$                 |
| $Q_s$ to base $P_1$                       | $= 71.050 - 15.788$                                  |          | $= 55.262$                             |
| difference load on beam                   | $= 100 - 88.95$                                      |          | $= 11.05 \text{ ton}$                  |

حيث  $e$  = eccentricity بعد اللامركزية عن محور القاعدة .

$\bar{L}$  = البعد بين محوري العمود - eccentricity (e)

$\bar{P}_1$  = الحمل بعد الزيادة للعمود  $P_1$

$\bar{P}_2$  = الحمل بعد الزيادة للعمود  $P_2$

$\bar{W}_1$  = الحمل للعمود  $P_1$  بعد إضافة وزن القاعدة وخلافه للقاعدة الملاصقة للجدار .

$\bar{W}_2$  = الحمل للعمود  $P_2$  بعد إضافة وزن القاعدة وخلافه للقاعدة الداخلية .

#### Design of beam

$$d \text{ to B.M of beam } . d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{4964000}{50}} = 105.23 \text{ cm say } 110 \text{ cm}$$

$$d \text{ to shear of beam } = \frac{Q_s}{0.8 \times 50 \times 8} = \frac{55262}{.87 \times 50 \times 8} = 158.8 \text{ cm say } 160 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 . 87 . d} = \frac{4964000}{.87 \times 160 \times 1227} = 29.06 \text{ cm}^2 \text{ say } 11 \phi 19$$

$$\bar{A}_s = \frac{50 \times 160 \times 15}{10000} = 12 \text{ cm say } 4 \phi 19$$

we take  $8 \text{ kg / cm}^2$  to shear  $> 7 \text{ k / cm}^2$

$$A_s \text{ stirrups} = \frac{6 \times .444 \times 1400}{15 \times 50} = 5.53 \text{ kg / cm}^2$$

put  $\phi$  8 stirr every 15 cm 6 branches & put 5  $\phi$  19 bent bars

### Design of exterior footing $P_1$

$$\text{Arm of B.M at } x - x = \frac{2.4 - .30}{2} = 1.05 \text{ m}$$

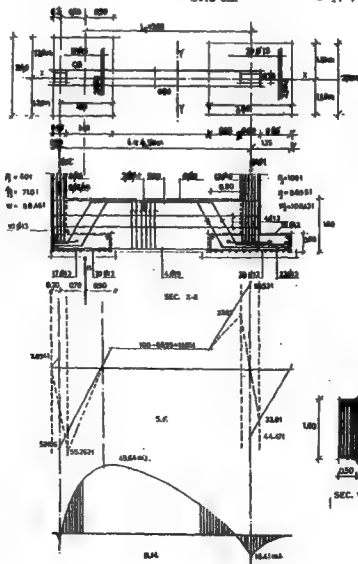
$$\text{B.M} = \frac{1.05^2}{2} \times 1.8 \times 16.44 = 16.41 \text{ m.t}$$

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{1631000}{180}} = 31 \text{ cm}$$

= say 60 cm to equal the depth of  $P_2$

$$A_s P_1 = \frac{M}{K_2 .87 \times T} = \frac{1631000}{1227 \times .87 \times 60} = 25 \text{ cm}^2 = 20 \phi 13$$

$$\bar{A}_s P_1 = 0.15 \% \times 60 \times 240 = 21.6 \text{ cm}^2 = 17 \phi 13$$



الأساسات الممتلئة  
strap footing

Design the interior footing  $P_2$ 

$$\begin{aligned} \text{The arm of B.M from to sides} &= \frac{2.20 - 30}{2} = .95 \text{ m} \quad \frac{2.50 - 60}{2} = .95 \text{ m} \\ \text{B.M at one meter} &= \frac{wL^2}{2} = \frac{16.41 \times .95^2}{2} = 7.04 \text{ m.t / m} \\ \text{B.M at the length} &= 2.5 \times 7.04 = 17.6 \text{ m.t} \\ \text{B.M at the breadth} &= 2.2 \times 7.04 = 15.5 \text{ m.t} \\ d &= K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{1760000}{250}} = 28 \text{ cm say } 40 \\ A_s &= \frac{M}{K_2 .87 \times d} = \frac{1760000}{1227 \times .87 \times 40} = 41.2 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Increase T to 60 because this section is not economy

$$\begin{aligned} &= \frac{1760000}{1227 \times .87 \times 60} = 27.47 \text{ cm}^2 \quad \frac{23 \phi 13}{2.50 \text{ m}} \\ \text{As at B.M } 15.5 \text{ m.t} &= \frac{23}{2.50} \times 2.20 = \frac{20 \phi 13}{2.20 \text{ m}} \end{aligned}$$

## Check of stresses

## Check of punch to beam

$$\begin{aligned} Q_p \text{ on beam at load } P_2 &= 88.95 - 2 (60 \times 30) \frac{16.41}{86000} = 86 \text{ ton} \\ q_p &= \frac{86000}{2 (60 + 30) \times .87 \times 160} = 4.11 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2 \end{aligned}$$

check of bond to base  $P_1$ 

$$Q_p = \frac{Q_p / 4}{\Sigma \phi \times 3.14 \times 1.3 \times .87 \times 60} = \frac{71050 / 4}{20 \times 3.14 \times 1.3 \times .87 \times 60} = 4.16 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

ملحوظة : في تصميم القاعدة المنفصلة  $P_2$  روعي أن الفرق بين ضلعي العمود واحد .

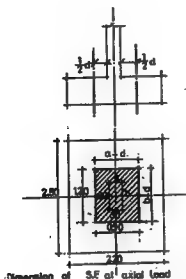
وهو ٦٠ ، ٣٠ - ، ٣٠ ، وهو نفس الفرق بين ضلعي القاعدة وهو ٦٠ ، ٣٠ - ، ٣٠ ، وذلك أسهل الحلول ليتساوى الـ B.M في جميع الاتجاهات وقد صممت بهذه الطريقة .

- لو افترض لم يكن عليها كمرة لا مركزة والحمل عمودي يستتج قوى القص كالآتي :

$$\text{أبعاد قوى القص} = \text{الضلع الأصغر} + \text{ارتفاع القاعدة} ، \text{الضلع الأكبر} + \text{ارتفاع القاعدة} \text{ وعليه تصبح الأبعاد } ٦٠ + ٣٠ = ٩٠ ، ٦٠ + ٦٠ = ١٢٠ \text{ م.}$$

ولاستنتاج قوى القص : يجب إيجاد جهد الضغط على القاعدة وذلك بإضافة ٥ % من حمل العمود لوزن القاعدة المسلحة والمبينة .

$$\begin{aligned} &= \frac{1,00 \times 100}{2,00 \times 2,20} = \frac{\text{حمل العمود} \times \text{أبعاد القاعدة المسلحة}}{\text{أبعاد القاعدة المسلحة}} \\ &= 19 \text{ طن / م}^2 \end{aligned}$$



قوى القص = حمل العمود - (١,٢ × ٩,٠) × الجهد على الدكة علماً بأن (١,٢ × ٩,٠) مساحة الجزء المظلل بالرسم .

$$= 100 - 1,2 \times 9,0 \times 79,48 = 7,6 \text{ طن}$$

يقاوم قوى القص محيط أبعاد قوى القص × ٨٧ × الارتفاع الفعال

$$= 2 \times (1,20 + 9,0) \times 87 \times 21924 = 79480$$

$$= 3,62 \text{ كجم / سم}^2$$

$$\text{جهد القص} = \frac{79480}{21924}$$

$$= 3,62$$

في حالة ما إذا كان قاعدة خرسانة عادية تحت القاعدة المسلحة يراعى ما جاء في الباب الثالث من الجزء الأول بالمنشأ المعمارية (تصميم القواعد والأعمدة) .

لاستنتاج قوى الاختراق (Punching) يجمع الآتي :

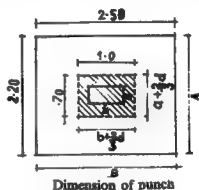
نفرض عرض المامود (a) = ٣,٠ م ، وطول قطاع المامود (b) = ٢,٦٠ م ، وارتفاع القاعدة (b) = ٢,٦٠ م

$$Q_p = P - \left( a + \frac{2}{3} \right) \left( b + \frac{2}{3} \right) d \times f$$

$$= 100 - \left( 3,0 + \frac{2}{3} \right) \left( 2,60 + \frac{2}{3} \right) 19 = 86,7 \text{ ton}$$

$$q_p = \frac{Q_p}{2 \left( a + \frac{2}{3} \right) \left( b + \frac{2}{3} \right) d \times f}$$

$$= \frac{86700}{2 (70 + 100) \times 60 \times 1,9} = 4,25 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$



لاستنتاج قوى التماسك (bond) يجمع الآتي :

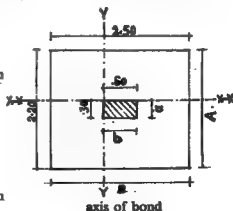
نفرض طول القاعدة: B = ٢,٥ م وطول قطاع المامود: b = ٢,٦٠ م وعرض القاعدة A = ٢,٢٠ م وعرض المامود: a = ٣,٠ م ، وارتفاع القاعدة (d) = ٢,٦٠ م .

$$Q_b \text{ at } y-y = \frac{1}{4} (A + a) (B - b) f$$

$$= \frac{1}{4} (2,20 + 3,0) (2,50 - 2,60) \times 19 = 22,56 \text{ ton}$$

$$Q_b \text{ at } x-x = \frac{1}{4} (B + b) (A - a) f$$

$$= \frac{1}{4} (2,50 + 2,60) (2,20 - 3,0) \times 19 = 27,97 \text{ ton}$$



$$q_b \text{ at } y-y = \frac{Q_b \text{ at } y-y}{\Sigma \phi \times D \times \pi \times 0,87 \times d} = \frac{22560}{20 \times 1,3 \times 3,14 \times 0,87 \times 60} = 5,29 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

$$q_b \text{ at } x-x = \frac{Q_b \text{ at } x-x}{\Sigma \phi \times D \times \pi \times 0,87 \times d} = \frac{27970}{23 \times 1,3 \times 3,14 \times 0,87 \times 60} = 5,70 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

## قاعدة مستطيلة لعمود واحد

## النموذج الحادى عشر

## قاعدة كابولية لعمود واحد

## Rectangular mono cantilever

المطلوب تصميم قاعدة لعمود حملة ٦٠ طن علماً بأن عرض القاعدة محدد ويساوى ١,٢٥ م وليس هناك مكان لتساع العرض وجهد التربة الخالص ١٨ طن / م<sup>٢</sup> وعمق الحفر ٢,٢٠ م من سطح الأرض .

وهذا النموذج لا يتم عمله في حالة ما إذا كان العرض محدد ولا يسمح بالزيادة في عرض القاعدة . ويسمح بالطول .

المطلوب : أ - تصميم العمود على أنه عمود ركضى وجهد الضغط للخرسانة ٥٠ كجم / سم<sup>٢</sup> .

ب - تصميم القاعدة الكابولية .

ملحوظة : هذه القاعدة ضمن القواعد المنفصلة وعند استعمال القواعد المنفصلة كأساسات على التربة ذات طاقة انبهارية ضعيفة فإنه يجب تصميم وتنفيذ سمات عالية الجساسة في الاتجاين لمقاومة فروق الهبوط المتوقعة نتيجة انبهار التربة - ويفضل أن تكون هذه السمات الرابطة في منسوب القواعد حتى تمتد حديد تسليحها في داخل القواعد وأيضاً لتفادى عمل رقاب أعمدة حيث تكون عدة نقاط ضعيفة وفي هذه الحالة يكون السمات امتداداً طبيعياً للقواعد ويجب أخذها في الاعتبار عند تصميم الأساسات ويمكن استخدام القواعد المنفصلة إذا تحققت إحدى الشروط الآتية :

١ - إذا كانت طاقة الانتفاخ متوسطة أو ضعيفة .

٢ - إذا كانت قدرة تحمل الطبقة العلوية من التربة عالية نسبياً .

٣ - إذا كانت طبقة التربة المتفتحة عميقة ويوجد أسفل منها طبقة من التربة غير المتفتحة أو طبقة من الصخر .

٤ - وجود طبقة من التربة اللينة أو ارتفاع منسوب المياه الأرضية نسبياً مما يؤثر على استخدام خوازيق الاحتكاك أو ركائز الأساس .

وللسماح بتركيز الإجهادات نتيجة الأحمال الميتة أسفل القواعد المنفصلة يجب ترك فراغ بين اليد وسطح التربة ، وذلك يؤدي إلى منع انتفاخ التربة أو تقليل قيمته فقط أسفل القواعد حيث يوجد تركيز لإجهادات ويحد من حدوث أى أضرار بالميد نتيجة للإجهادات الإضافية الناتجة من انتفاخ التربة .

## التصميم :

أ - تصميم العمود الركضى وحمله ٦٠ طن .

أولاً : يقسم الحمل على جهد الخرسانة ويساوى ٥٥ كج / سم<sup>٢</sup> وتحدد مساحة القطاع :

$$\text{أى } = 6000 \div 55 = 109,9 \text{ سم}^2$$

ولما كان عرض العمود ٣٠ سم وبذلك نحدد الضلع الآخر بقسمة المساحة على ٣٠ سم ....

$$\text{أى طول قطاع العمود} = 109,9 \div 30 = 3,66 \text{ سم أى } ٥٠ \text{ سم}$$

فيكون قطاع العمود ٣٠ × ٥٠ سم .

ونسبة حديد التسليح ١ % = ٠,٠١ × ٥٠ × ٣٠ = ١,٥ سم<sup>٢</sup> أى ٦ Ø ١٦ م .

ثانياً : للتأكد من الضغط على العمود نطبق المعادلة الآتية حيث :

$$\text{الحمل} = \text{مساحة الخرسانة} \times \text{الجهد} + (1 - n) \times \text{مساحة الحديد} \times \text{جهد الخرسانة}$$

حيث

$$N = 15 \times \frac{E_s}{E_c} , E_s = 2100 \text{ ton / m}^2 , E_c = 140 \text{ ton / m}^2$$

$$6000 = 30 \times 40 \times 140 + 12 \times 16 \times 2100 \times \text{جهد الخرسانة}$$

$$= \text{جهد الخرسانة } (168 + 1200) = \text{جهد الخرسانة } 1368$$

$$= 43,80 \text{ كجم / سم}^2 \text{ وهو أقل من المسموح به } 50 \text{ كجم / سم}^2 \therefore \text{جهد الخرسانة } = \frac{10000}{1368}$$

ب - تصميم القاعدة :

Design of slab

$$W = \frac{W}{1 - \frac{y_a D_p}{q_{ult}}} = \frac{60}{1 - \frac{2 \times 2.2}{18}} = \frac{60}{.76} = 79 \text{ ton}$$

$$\text{Area of base} = \frac{79}{18} = 4.38 \text{ m}^2$$

$$\text{length of base} = \frac{4.38}{1.25} = 3.50 \text{ m}$$

$$\text{load on base / m}^2 = \frac{60}{4.38} = 13.69 \text{ ton / m}^2$$

$$\text{load on base / m} = \frac{60}{3.5} = 17.14 \text{ ton / m}$$

$$\text{let the breadth of Beam} = .45 \text{ m} = .45 \text{ m}$$

$$\text{The arm of B.M} = \frac{1.25 - .45}{2} = .40 \text{ m}$$

$$\text{B.M At } x - x \text{ to one meter} = \frac{wL^2}{2} = \frac{13.69 \times .40^2}{2} = 1.09 \text{ m.t}$$

$$d \text{ to slab} = K_1 \sqrt{\frac{M}{h}} = .334 \sqrt{\frac{109000}{100}} = 10.56 \text{ cm say } 20 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 d} = \frac{109000}{1227 \times .87 \times 20} = 5.10 \text{ cm}^2 \text{ say } 8 \phi 10 / \text{m}$$

check of bond

$$Q_b = .40 \times 13.69 = 5.47 \text{ ton}$$

$$q_b = \frac{Q_b}{\Sigma \phi \times 3.14 \times 1 \times .87 \times 20} = \frac{5470}{8 \times 3.14 \times 1 \times .87 \times 20} = 12.51 \text{ kg / cm}^2 > 8 \text{ Kg / cm}^2$$

$$\text{To resist bond put } 8 \phi 13 \text{ \& T } 25 \text{ cm} = \frac{5470}{8 \times 3.14 \times 1.3 \times .87 \times 25} = 7.70 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

$$\text{Take } A_s 8 \phi 13 \text{ \& } A_s = \frac{125 \times 25 \times 2}{1000} = 6 \text{ cm}^2 \text{ take } 9 \phi 10 \text{ top \& bottom}$$

# Design of cantilever beam

$$\text{The arm of B.M} = \frac{3.50 - 50}{2} = 1.50 \text{ m}$$

$$\text{B.M at y - y} = \frac{wL^2}{2} = \frac{17.14 \times 1.45^2}{2} = 18.01 \text{ m.t}$$

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{B}} = .334 \sqrt{\frac{1801000}{45}} = 66.8 \text{ cm}$$

$$Q_s = \frac{60 - .60 \times .45 \times 17.14}{2} = 27.68$$

$$d \text{ to shear} = \frac{27680}{8 \times .87 \times 45} = 89 \text{ cm say } 100 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{1801000}{1227 \times .87 \times 100} = 16.87 \text{ cm}^2 \text{ say } 6 \phi 19 \& \text{ stirr } 7 \phi 8 / \text{m}$$

$$A_s = 0.2\% A_c = \frac{1000}{1000} = 9 \text{ cm}^2 \text{ say } 5 \phi 16$$

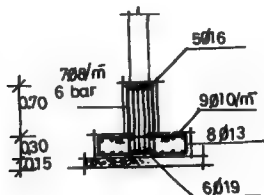
Put stirrup  $\phi 8$  every 15 cm 6 branches & 5  $\phi 16$  at the top .

Check of punch.

$$Q_p = 60 - (.30 \times .40 \times 13.69) = 58.358 \text{ ton}$$

$$q_p = \frac{Q_p}{(30 + 40) \times 2 \times .87 \text{ T}} = \frac{58358}{2 (30 + 40) \times .87 \times 100} = 4.79 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

$$q \text{ stirr} = \frac{6 \times .494 \times 1400}{15 \times 45} = 6.15 \text{ kg / cm}^2$$



SEC. Y-Y



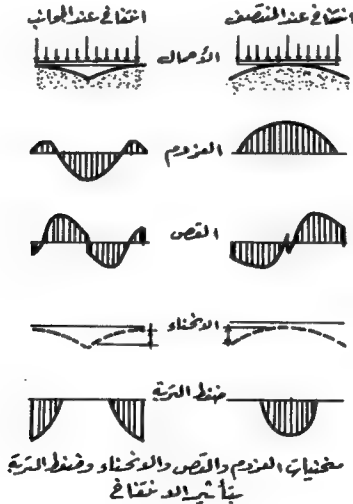


## النموذج الثاني عشر الأساسات المستمرة Raft foundation

قطعة أرض مساحتها  $١٢,١٥ \times ١٢,٦٥$  م والأحمال للأعمدة الوسطى  $٧٠$  طن وقطاعه  $٣٠ \times ٥٠$  سم وبسليح  $\phi ٨$  و  $١٦$  والأعمدة الطرفية يحمل  $٣٥$  طناً بقطاع  $٣٠ \times ٣٠$  سم وبسليح  $\phi ٦$  و  $١٣$  والأحمال الركنية  $١٧,٥$  طن بقطاع  $٣٥ \times ٣٥$  سم وبسليح  $\phi ٤$  و  $١٣$  . وعمق الحفر  $١,٤٠$  م وجهد التربة الخالص لا يزيد عن  $٧$  طن / م<sup>٢</sup> .  
ملحوظة :

الأساسات المستمرة هو نوع من الأساسات الذى يغطى الموقع بأكمله تحت المبنى وتصميم أساس لبشة جاسىء فوق تربة متفتحة يكون مقصد نتيجة لأن سطح التربة الذى كان ألقياً عند بداية عملية التشييد يصبح غير منتظم ولا يمكن التنبؤ بالتغير الذى سوف يطرأ على سطح التربة مع الزمن - ويجب اختيار شكل التشكل لسطح التربة الذى يؤدى إلى أكثر الحالات سوء أو إلى أكبر قيم لمزم الانحناء وقوى القص والترخيم التى يمكن توقعها .

وليس من الممكن التنبؤ بشكل وبقوى الدعامات الترابية أسفل اللبشة الصلبة نتيجة لعدم التأكد من طريقة استخدام المبنى ، فمثلاً عدم معرفة أماكن زراعة الأشجار والنباتات وإمكانية تسرب المياه من مواسير مياه الشرب والصرف الصحى وذلك يحتم على المهندس أن يفترض أسوأ الظروف عند التصميم فيجب افتراض انتفاخ التربة عند الاجهادات أو انكماش التربة فى الوسط وكذلك افتراض انهيار التربة فى الوسط ( أو انكماش عند الأطراف كما هو موضح بالأشكال الآتية .



لذلك لا يفضل استخدام البشة إلا في حالات خاصة حيث إنها تكون بشكل يسمح بتوجيه حركة التربة وأن تصمم البشة على افتراضات الميكانيكية التشكل المتوقعة .

ولتشديد البشة من الخرسانة المسلحة يجب أن يكون الصب في حدود  $12 \times 12$  م على أن تكون الخرسانة طازجة وترك فترة زمنية تقدر بحوالى ٢٤ ساعة بين صب المساحات المتجاورة مع اختيار الوصلات عند أماكن القص المنخفضة ( قرب منتصف البحر من الأعمدة ويجب أن يكون أسياخ التسليح مستمرة خلال الوصلة وإذا لزم الأمر عمل وصل للأسياخ فيجب ألا يقل طول الوصلة للأسياخ عن ٦٠ مرة قطر السليح .

ويجب أن يكون القطاع الخرساني قوياً بالدرجة التي تسمح بنقل قوى القص خلال الوصلة وتنصح بزيادة سمك البشة عند الوصلات .

كذلك يتم زيادة سمك البشة عند الحواف كحمل الحوائط وأية أحمال مركزة أخرى لتشكيل ما يشبه الكعكة وتنصح بأن تكون تلك الكعكة أسفل منسوب خط التجمد إذا ما كان المنشأ مشيداً في مناطق باردة حتى لا يتسبب انتفاخ التربة بالتجمد في تصدع حواف البشة .

ويجب لفت الانتباه هنا أن البشة المسلحة لا تؤسس مباشرة فوق التربة ( سواء كانت التربة جافة أو مبللة ) بل يجب صب طبقة من الخرسانة العادية بسمك لا يقل عن ٥٠ سم وذلك لوضع طبقة عازلة فوق الخرسانة العادية مثل المواد العازلة المائية (بيروبلاست) ثم تعمل لياسة أسيمة فوقها ويبنى في دائر المحيط طوبة بارتفاع فوق سطح الأرض بمقدار ٤٠ سم وتوضع الطبقة العازلة لهذا الارتفاع من الداخل ثم تبيض الطبقة العازلة بلياسة أسيمة وفي هذه الحالة تصبح الطبقة العازلة تعمل كحلة للمبنى كله وكذلك منع المياه الجوفية من غسل خرسانة الأساس وتراعى هنا أن منسوب الأساس في تلك الحالة عند حساب قدرة تحمل التربة هو المنسوب السفلى للخرسانة العادية .

وفي التربة اللينة المغمورة بالمياه الجوفية عند منسوب التأسيس لا تكون الخرسانة العادية كافية لتجهيز الموقع للبشة المسلحة بل يجب في تلك الحالة دك دقشوم على الناشف بسمك قد يصل إلى نصف متر أو وضع طبقة من الرمل والزلط المدكوك جيداً قبل صب الخرسانة العادية وذلك لمنع هروب الخرسانة في التربة اللينة ومنع غسل الخرسانة وانفصال مكوناتها بفعل المياه الجوفية ولكن عند حساب قدرة تحمل التربة يؤخذ المنسوب عنده الجهد من أسفل منسوب الخرسانة العادية ( المنسوب العلوى لطبقة الإحلال مع اعتبار خواص التربة الطينية اللينة وليست خواص الدقشوم أو الزلط والرمل في حسابات قدرة تحمل التربة .

ولتصميم القطاعات الخرسانية نبدأ في حالة البشة المسطحة باختيار عمق الاختراق وذلك بفرض سمك البشة حوالى سبع أمتار ( يؤخذ متوسط أكبر بحرين في اتجاهي الطول والعرض ويتبع ذلك عند حساب عزم الانحناء وقوى القص بمجموع أحمال الأعمدة

كبلاطة مسطحة وعند التصميم يهمل تأثير انحراف المحصلة وتعتبر قيمة الضغط الخالص حيث  $F =$  مساحة المبنى

واللبشة المثالية هي سقف خرساني منتظم في جميع أجزائه ويكون هذا النوع مناسباً جداً عندما يكون أحمال الأعمدة خفيفة إلى متوسطة وتقسيلها متقارب وصغير نسبياً وفي صفوف شبه مستقيمة . ويمكن زيادة سمك البشة أسفل الأعمدة ذات الأحمال الكبيرة لمقاومة القص والاختراق وعزم الانحناء السالب وتستعمل في المواقع التي جهد التربة بها ضعيف أو في حالة الخزائين المصممة على مقاومة الاحتكاك .

#### Design of slab .

Total load =  $4 \times 70 + 8 \times 35 + 4 \times 17.5 = 630 \text{ ton}$  التصميم :

$$\therefore W = \frac{630}{1 - \frac{2 \times 1.4}{12}} = \frac{630}{0.77} = 818 \text{ ton}$$

$$\text{Load on soil / m}^2 = \frac{818}{12.15 \times 12.65} = 5,322 \text{ t / m}^2 < 7 \text{ ton / m}^2$$

ملحوظة :

في حالة زيادة الجهد على التربة عن  $\gamma$  طن / م<sup>2</sup> المغطاه في المثال يجب تخفيض الحمل إلى أن يصل إلى أقل من  $\gamma$  طن / م<sup>2</sup>.

$$\text{Load on base / m}^2 = \frac{630}{12.15 \times 12.65} = 4.09 \text{ ton / m}^2$$

$$w_y = w_x \frac{1}{\left(\frac{L_y}{L_x}\right)^4 + 1} = 4.09 \times \frac{1}{\left(\frac{4}{4.5}\right)^4 + 1} = 2.55 \text{ ton / m}^2$$

$$w_x = 4.09 - 2.55 = 1.54 \text{ ton / m}^2$$

أخذت الباكية المتوسطة التي أبعادها  $4 \times 4$  م واستعمل قانون التوزيع السابق.

حيث :  $W$  = الجهد على الخرسانة الناتج من قسمة الحمل الكلي على مساحة الأرض.

$L_x$  = البعد الطويل.

$L_y$  = البعد القصير.

Design of slab

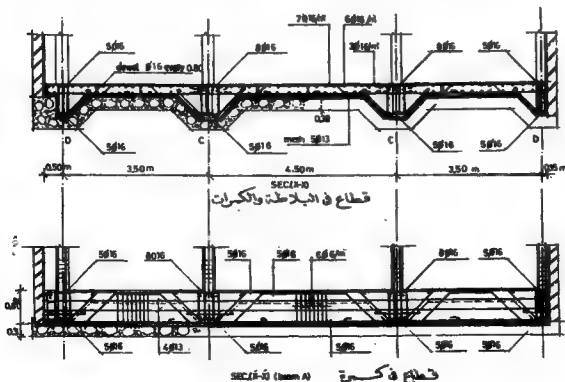
$$\text{B.M} = L - y = \frac{wL^2}{10} = \frac{2.55 \times 4^2}{10} = 4.08 \text{ m.t}$$

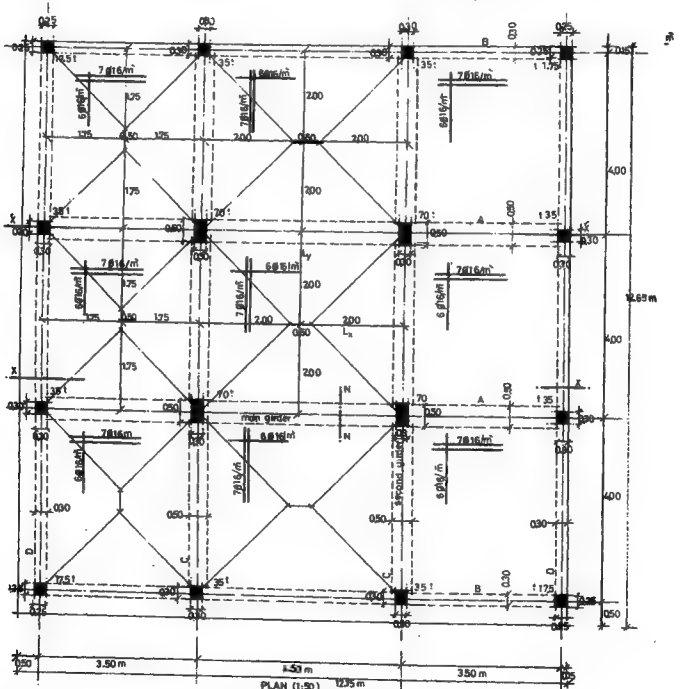
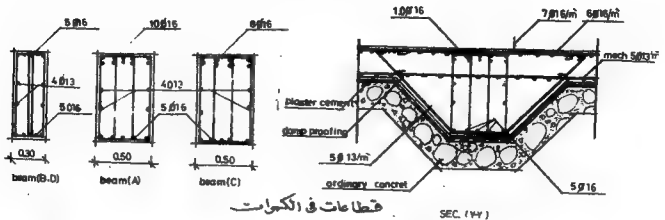
when  $f_c = 45 \text{ kg / cm}^2$  &  $K_1 = .392$  &  $K_2 = 1248$

$$d = \frac{1}{K_1} \sqrt{\frac{M}{b}} = \frac{1}{.392} \sqrt{\frac{408000}{100}} = 25.9 \text{ cm say T 30 cm}$$

ملحوظة هامة : في تصميم البلاطات استعمل قانون التوزيع السابق ولكن في تصميم الكمرات أخذت المساحات المبينة على الرسم مضروباً في  $4.09$  طن السابق استخراجها.

النموذج الثاني عشر : قطاعات الأساسات للبشة ذو كمرات وبلاطة





مخطط أفقي لأساسات لبشة مستمرة كمرات  
 وبلاطة مقاس ١٢.٧٥ x ٣.٥٠ م

RAFT FOUNDATION BEAM AND SLAB

$$A_s = \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{408000}{1248 \times .87 \times 30} = 12.55 \text{ cm}^2 \text{ say } 7\phi 16 / \text{m}^-$$

$$B.M = -L \cdot x = 1.54 \times 4.5^2 = 3.11 \text{ m.t}$$

$$A_s = \frac{311000}{1248 \times .87 \times 25} = 11.45 \text{ cm}^2 \text{ say } 6\phi 16 / \text{m}^-$$

$$A_s = .2\% A_c = \frac{100 \times 30 \times 2}{1000} = 6 \text{ cm say } 5\phi 13. \text{ mesh / m}^2$$

Design of main girder (a)

$$\text{Load per m}^- = \frac{1}{11.65} \left[ \left( \frac{0.5 + 4.5}{2} \times 2 \times 2 + \left( \frac{3.50 \times 1.75}{2} \right) \times 2 \times 2 \right] \times 4.20 = 8.22 \text{ ton / m}^-$$

$$B.M = \frac{wL^2}{10} = \frac{8.22 \times 4.5^2}{10} = 16.64 \text{ m.t}$$

$$d = K_1 \frac{\sqrt{M}}{b} = .392 \sqrt{\frac{1664000}{50}} = 71.5 \text{ cm say T 80 cm}$$

$$Q_s = \frac{8.22 \times 4.5}{2} = 18.495 \text{ ton}$$

$$d \text{ to resist shear} = \frac{18495}{6 \times .87 \times 50} = 70 \text{ cm say 80}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87 \times T} = \frac{1664000}{1248 \times .87 \times 80} = 19.15 \text{ cm}^2 \text{ say } 10\phi 16$$

$$A_s = 0.2\% \times A_c = 80 \times 50 \times 0.2\% = 8 \text{ cm}^2 \text{ say } 5\phi 16$$

Design of secondary girder (C)

$$\text{Load per m}^- = \frac{1}{12.15} \left[ \left( \frac{4 + .50}{2} \times 1.75 \right) 3 + \left( \frac{4 \times 2}{2} \right) 3 \right] \times 4.20 = 8.33 \text{ ton / m}^-$$

$$B.M = \frac{wL^2}{10} = \frac{8.33 \times 4^2}{10} = 13.32 \text{ m.t}$$

$$d = K_1 \frac{\sqrt{M}}{b} = .392 \sqrt{\frac{1332000}{50}} = 64 \text{ cm say T 80 cm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{1332000}{1248 \times .87 \times 80} = 15.33 \text{ cm}^2 \text{ say } 8\phi 16$$

$$A_s = 0.2\% \times A_c = 80 \times 50 \times 0.2\% = 8 \text{ cm}^2 \text{ say } 5\phi 16$$

Design of main girder (B) & take breadth 30 cm

$$\text{Load / m}^- = \frac{1}{11.65} \left[ \frac{3.5 \times 1.75}{2} \times 2 + \frac{4.5 + 0.50}{2} \times 2 \right] \times 4.02 = 3.88 \text{ m.t}$$

$$\begin{aligned}
 \text{B.M} &= \frac{wL^2}{10} = \frac{3.88 \times 4.5^2}{10} = 7.85 \text{ m.t} \\
 \text{As} &= \frac{785000}{1248 \times .87 \times 80} = 9.03 \text{ cm}^2 \text{ say } 5\phi 16 \\
 &\quad \& \text{As } 5\phi 16 \\
 \text{Design of secondary girder (D) \& take breadth 30} \\
 \text{Load / m} &= \frac{1}{12.15} \left[ \frac{4 + .50}{2} \times 1.75 \times 3 \right] 4.02 = 3.9 \text{ ton / m} \\
 \text{B.M} &= \frac{wL^2}{10} = \frac{3.9 \times 4^2}{10} = 6.24 \text{ m.t} \\
 \text{As} &= \frac{M}{K_2 \times d} = \frac{624000}{1248 \times .87 \times 80} = 7.18 \text{ cm}^2 \text{ say } 5\phi 16 \& \text{As } 5\phi 16 \\
 \text{All stirrs } 6\phi 6 / \text{m} & \text{ 4 branches} \\
 \text{Check of punch to main girder} \\
 Q_p &= 70 - (.30 \times 50) \times 4.2 = 69.37 \text{ ton} \\
 q_p &= \frac{69370}{2(30 + 50) \times .87 \times 80} = 6.22 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2
 \end{aligned}$$

ملحوظة هامة :

- ١ - ثبت ارتفاع الكمرات إلى ٨٠ سم ليس تهرباً من معادلة الدرجة الثانية أو moment of distribution column - Analogy ولكن لسهولة التنفيذ .
- ٢ - رغم أن الأحمال على الكمرات الخارجية أقل من الداخلية بمقدار النصف على الأقل ولكن حسب نفس القطاع وذلك لإعطاء الكمرة الخارجية جساءة كي تتحمل إذا ما حدث عدم اتزان وهبوط الأساس لأي سبب ما كما سبق شرحها .

جدول الكمرات

| ملاحظات          | كانات   | تسليح سفلى | تسليح علوى |      | قطاع الكمرة |     | نموذج الكمرة |
|------------------|---------|------------|------------|------|-------------|-----|--------------|
|                  |         |            | مكسح       | عدل  | ارتفاع      | عرض |              |
| كانات أربعة لفرع | ٦φ٦ / م | ١٦φ٥       | ١٦φ٤       | ١٦φ٦ | ٨٠          | ٥٠  | A            |
| كانات أربعة لفرع | ٦φ٦ / م | ١٦φ٥       | ١٦φ٢       | ١٦φ٣ | ٨٠          | ٣٠  | B            |
| كانات أربعة لفرع | -       | ١٦φ٥       | ١٦φ٣       | ١٦φ٥ | ٨٠          | ٥٠  | C            |
| كانات أربعة لفرع | -       | ١٦φ٥       | ١٦φ٢       | ١٦φ٣ | ٨٠          | ٣٠  | D            |

## النموذج الثالث عشر

قطعة الأرض السابقة بنفس المقاسات  $12.5 \times 12.5$ ، ولكن الأحمال للأعمدة الوسطى  $180$  طن بقطاع  $10.5 \times 3.5$  سم وبتسليح  $12\phi 19$  والأعمدة الطرفية حملها  $80$  طن بقطاع  $4.5 \times 3.5$  سم وبتسليح  $8\phi 16$  والأعمدة الركنية حملها  $50$  طن بقطاع  $3.5 \times 3.5$  سم وبتسليح  $6\phi 16$  والجهد على الأرض  $15$  طن / م<sup>2</sup> وعمق الحفر  $1.6$  م والمطلوب تصميم لبشة مسطحة .

ملاحظات :

هذا النوع من اللبشة شائع الاستعمال ويجب الأخذ في الاعتبار الآتي : -

١ - أن يكون سمك اللبشة لا يقل عن المسافة بين أكبر عمودين مقسوماً على سبعة .

٢ - عند حساب الـ B.M تأخذ أكبر الأرقام التالية :

أ : مجموع أحمال الأعمدة مقسوماً على المساحة الكلية .

ب : القسمة الناتجة من أكبر عمود على المساحة المتوسطة لهذا العمود .

٣ - هذه الطريقة تقريبية وشاملة .

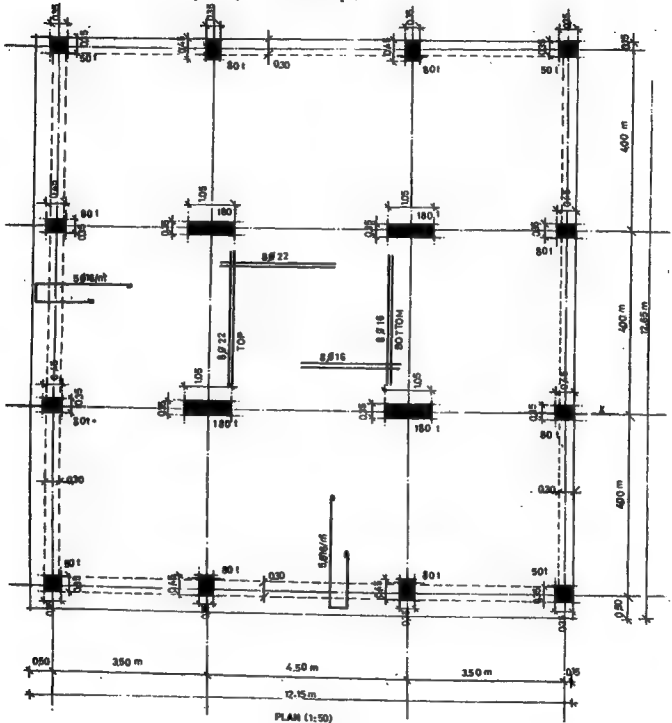
٤ - إذا حسبت الأحمال بعد إضافة وزن الخرسانة وكان وزن المتر المربع أكبر من جهد التربة يجب تخفيف الأحمال حتى يكون جهد التربة أكبر من وزن الأحمال .

## Design of slab

|   |  |   |
|---|--|---|
| Total loads   | $= 180 \times 4 + 80 \times 8 + 4 \times 50$ | $= 1560 \text{ ton}$                                  |
| $\bar{W} = \frac{W}{1 - 8_s \times D_f / q_{\text{الم}}}$ | $= \frac{1560}{2 \times 1.6}$                | $= \frac{1560}{0.79}$                                 |
|   | $1 - \frac{15}{15}$                          | $= 1974 \text{ ton}$                                  |
| load / m <sup>2</sup> on soil .                           | $= \frac{1974}{12 \times 12.5}$              | $= 13.16 \text{ ton / m}^2 < 15 \text{ ton / m}^2$    |
| load / m <sup>2</sup> on base                             | $= \frac{1560}{12 \times 12.5}$              | $= 10.40 \text{ ton / m}^2$                           |
| load to big column / m <sup>2</sup>                       | $= \frac{180}{4 \times 4}$                   | $= 11.25 \text{ ton / m}^2 > 10.40 \text{ ton / m}^2$ |
| B.M   | $= \frac{wL^2}{10}$                          | $= \frac{11.25 \times 4.5^2}{10}$                     |
|   |  | $= 22.78 \text{ m.t}$                                 |
| $Q_s = \frac{w \times L}{2}$                              | $= \frac{11.25 \times 4.5}{2}$               | $= 25.31 \text{ ton}$                                 |



الخطة والمقطع عرض  
مخطط تخطيط الأساسات لبيت مسكون ١٥٠ م<sup>٢</sup> و ١٥ م



$$d \text{ to B.M.} = .392 \sqrt{\frac{2278000}{100}} = 59 \text{ say T 65 cm}$$

$$d \text{ to resist shear} = \frac{25310}{100 \times .87 \times 5} = 58 \text{ cm}$$

$$d \text{ to } \frac{1}{7} \text{ distance} = \frac{4.5}{7} = 64 \text{ cm say T 80 cm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times d} = \frac{2278000}{1248 \times .87 \times 80} = 32.5 \text{ cm}^2 \text{ say } 8\phi 22 / \text{m}^2 \text{ main \& sec}$$

$$A_s = 0.25\% A_c = \frac{25 \times 100 \times 80}{10000} = 20.25 \text{ cm}^2 \text{ say } 8 \phi 19 \text{ m}^2 \text{ main \& sec}$$

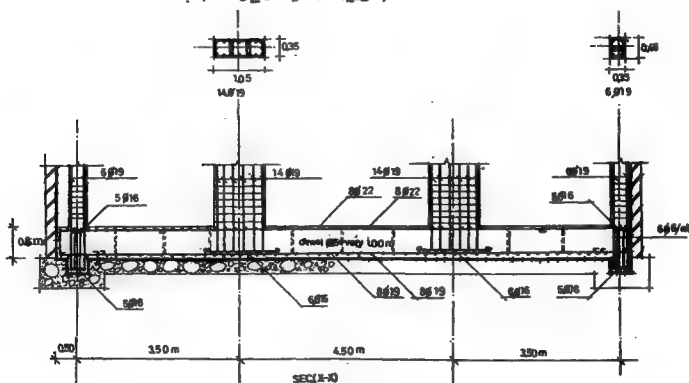
Check of punch :

$$Q_p = P - \left( b + \frac{2}{3} d \right) \left( a + \frac{2}{3} d \right) \times 11.5$$

$$180 - (.35 + .40) (1.05 + .40) \times 11.5 = 167.5 \text{ ton}$$

$$q_p = \frac{167500}{2 (75 + 145) \times .87 \times 65} = 6.73 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

المخطط الثاني عشر : قطاع في أساسات ديسة مستمرة



## النموذج الرابع عشر

المطلوب: تصميم أساسات مستمرة بنظام الكمرات المتقاربة لقطعة أرض مقاس ٢٧,٨٤ × ١٥م وبها ١٢ عمود منهم عمودان ٧,٦م حمل كل منهما ٢٠٠ طن بقطاع ٥٠ × ٥٠م، وتصليح ١٦φ١٦ وأربعة أعمدة ٣,٢ × ١٠,٤م حمل كل منهما ١٥٠ طن بقطاع ٥٠ × ٥٠م، و١٢م، ١٦φ١٢ وعمودان ٨,٥م حمل كل منهما ١٣٥ طن بقطاع ٤٥ × ٤٥م، وتصليح ١٦φ١٢ وأربعة أعمدة ١,٤ × ٩,٤م حمل كل منها ١٠٠ طن بقطاع ٤٠ × ٤٠م، وتصليح ١٦φ٨ وعمق الحفر ٢ متر وجهد التربة ١٠ طن / م<sup>٢</sup>.

التصميم :

يحتوي عرض الكمرات أكبر من قطاعات الأعمدة بمقدار ١٠ سم وعلى هذا تصبح الكمرات من ١ - ٤ بعرض ٦٠ سم ، والكمرات من ٥ - ٨ بعرض ٦٥ سم والكمرات ٩ - ١ بعرض ٥٥ سم والكمرات ٢ - ١٠ بعرض ٦٥ سم .

$$\text{Total load} = 2 \times 200 + 4 \times 150 + 2 \times 135 + 4 \times 100 = 1670 \text{ ton}$$

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - u_n \times D_f / q_{all}} = \frac{1670}{1 - \frac{2 \times 1.4}{10}} = \frac{1670}{.72} = 2319 \text{ ton}$$

$$\text{Load on soil} / m^2 = \frac{2319}{27.84 \times 15.6} = 5.55 \text{ ton} / m^2 < 10 \text{ ton} / m^2$$

ملحوظة : في حالة زيادة الجهد في التربة أكثر من ١٠ طن / م<sup>٢</sup> المعلقة في المثال يجب تخفيض الحمل إلى أن يصل أقل من ١٠ طن .

$$\text{Load on base} / m^2 = \frac{1670}{27.84 \times 15.6} = 3.99 \text{ ton} / m^2 \text{ say } 4 \text{ ton}$$

#### Design of slab

$$\text{B.M at cantilever } 1.2 \text{ m} = 1.2 \times .275 = .975 \quad \therefore \frac{.975^2 \times 4}{8} = 1.90 \text{ m.t}$$

$$\text{let } f_c = 50 \text{ \& } k_1 = .361 \text{ \& } k_2 = 1237$$

$$d = k_1 \sqrt{\frac{m}{b}} = .361 \sqrt{\frac{190000}{100}} = 15.73 \text{ cm say } T = 20 \text{ cm}$$

$$\text{B.M at cantilever } 1.5 \text{ m} = 1.5 \times .30 = 1.2 \quad \therefore \frac{1.2^2 \times 4}{2} = 2.88 \text{ m.t}$$

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .361 \sqrt{\frac{288000}{100}} = 19.37 \text{ cm say } T 25 \text{ cm}$$

$$\text{B.M between beam } B_2 \text{ \& } B_1 = \frac{2.12^2 \times 4}{10} = 1.79 \text{ m.t}$$

$$\text{B.M between } B_2 \text{ \& } B_2 = \frac{2.12^2 \times 4}{12} = 1.5 \text{ m.t}$$

$$d = .361 \sqrt{\frac{150000}{100}} = 14 \text{ cm}$$

$$d = .361 \sqrt{\frac{197000}{100}} = 16 \text{ cm}$$

To facilitate execution take cantilever depth 25 cm and another 20 cm

$$\text{As to B.M } 2.88 \text{ m.t} = \frac{288000}{1237 \times .87 \times 25} = 10.07 \text{ cm}^2 \text{ take } 8\phi 13 / m^-$$

$$\text{As to B.M } 1.9 \text{ m.t} = \frac{190000}{1237 \times .87 \times 20} = 18.82 \text{ cm}^2 \text{ take } 7\phi 13 / m^-$$

$$\text{As to B.M } 1.97 \text{ m.t} = \frac{197000}{1237 \times .87 \times 20} = 9.1 \text{ cm}^2 \text{ take } 10\phi 10 / m^-$$

$$\text{As to B.M } 1.5 \text{ m.t} = \frac{150000}{1237 \times .87 \times 20} = 6.96 \text{ cm}^2 \text{ take } 9\phi 10 / m^-$$

Take distributor  $5\phi 10 / m^-$



**Design of ribs beam:**

$$\text{The uniform distributed load at per meter run on } B_1 = 4 \left( \frac{2.12}{2} + 1.20 \right) = 9.04 \text{ ton}$$

$$\text{The uniform distributed load at per meter run } B_2 = 4 \times 2.12 = 8.48 \text{ ton}$$

Let  $R_1$  &  $R_2$  be the control reaction of beam  $B_1$  &  $B_2$  on the control main beam (5-6-7-8) and beam  $B_1$  carries only part of the load carried by the beam  $B_2$  and hence the control reaction  $R_1$  &  $R_2$  as the following .

$$\begin{aligned} \text{Then } \frac{R_1}{R_2} &= \frac{B_1}{B_2} = \frac{9.04}{8.48} \quad \therefore R_1 \times 8.48 = R_2 \times 9.04 \\ \therefore R_1 &= \frac{9.04 R_2}{8.48} \quad \& R_2 = \frac{8.48 R_1}{9.04} \end{aligned}$$

Also the sum of all center of  $B_1$  reactions should be equal to two of the column load on the central main beam (5-6-7-8) .

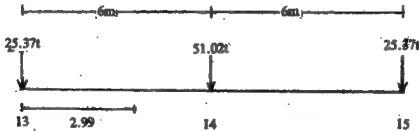
Also it is assumed that the sum of the control reactions from transverse beams  $B_1$  &  $B_2$  is equal to the total load from control columns :

$$\therefore 2R_1 + 11R_2 = \text{load of column (5 + 8) + (load column 7 + 8)}$$

$$\therefore 2R_1 + 11R_2 = (2 \times 135) + (2 \times 200) = 670 \text{ ton}$$

$$\text{To get } R_1 = 2R_1 + 11 \left( \frac{8.48 R_1}{9.04} \right) = 760 \text{ ton} \therefore R_1 = 54.42 \text{ ton}$$

$$\text{To get } R_2 = 2 \left( \frac{9.04 R_2}{8.48} \right) + 11R_2 = 670 \text{ ton} \therefore R_2 = 51.02 \text{ ton}$$



$$\text{The reaction of beam } B_2 \text{ 13-14-15} = \frac{12 \times 8.48 - 51.02}{2} = 25.37 \text{ ton}$$

$$\text{Point of zero shear} = 8.48 \times x = 25.37 \quad \therefore x = 2.99 \text{ m}$$

$$\text{B.M at zero shear} = 2.99 \times 25.37 - \frac{2.99^2 \times 8.48}{2} = 37.95 \text{ say } 36 \text{ m.t}$$

**We design at T section:**

لم يسبق في هذا الباب أن قمنا بأى تصميم على القطاع T وعليه سنلقى الضوء عليه :

أولاً : الكمرات المصبوبة كجسم واحد متناكس مع البلاطات تصمم باعتبارها ذات قطاعات بشكل حرف T بشرط أن تكون أسياخ تسليح البلاطة ممتدة في الاتجاه المودى على اتجاه الكمرة قرب سطحها العلوى وبكامل عرض شفاها Flange ولا تقل مساحة قطاعها عن ٢,٣ % من مساحة قطاع خرسانة البلاطة .

ثانياً : يحدد عرض الشفة العامل مع الكمرة في الحالة المذكورة بالبند أولاً بأقل المقادير الآتية :-

وهى  $\frac{1}{3}$  بحر الكمرة أو المسافة بين محاور الكمرات أو عرض روح الكمرة مضافاً إليها ١٢ مرة سمك البلاطة - وفى الكمرات ذات الشفة البارزة من جهة واحدة أى بشكل حرف E يحدد عرض الشفة العامل مع الكمرة بأقل المقادير الآتية :  $\frac{1}{6}$  بحر

الكمرات أو نصف المسافة بين أوجه الكمرات مضاعفاً إليها عرض روج الكمرات مضاعفاً إليها ٤ مرات سمك البلاطة .

ثالثاً : الكمرات ذات القطاعات بشكل حرف T التي شفتها غير متصلة ببلاطات من الخرسانة المسلحة لا يجوز أن يزيد عرض الشفة عن ٤ مرات عرض الروح كما لا يجوز أن يقل سمكها عن ٥, عرض الروح .

رابعاً : إذا زاد ارتفاع الكمرات ذات القطاعات شكل حرف T عموماً عن ١٠ مرات سمك البلاطة فيجب تقوية الوصلة بين الشفة والروح بعمل شطافات على الجانبين مقطوعها عن بطنية الشفة تساوى سمك الشفة وبميل لا يزيد عن ٣٠ مع الخط الأفقي .

The conduction of designing T section is subject to simple bending .

allowable stress  $f_c = 30 \text{ kg / cm}^2$  & economic limit

$f_c = 40 \text{ kg / cm}^2$  max value & assumed  $f_s = 1400 \text{ kg / cm}^2$

**Balanced section :**

given  $M$ ,  $b_o$  & TS. required  $d$  &  $A_s$  for  $f_c = 30 \text{ k / cm}^2$  &  $f_s = 1400 \text{ kg / cm}^2$

Determine the breadth of the flange  $B$  .

$B \text{ min of } B = 12 TS + b_o \text{ or } B = \text{from axis to axis of ribs}$

Determine the position of N.A from the relation .

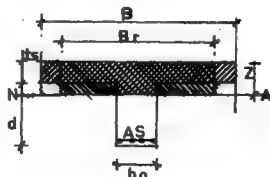
$$Z = .135 \sqrt{\frac{M}{B}}$$

If  $Z \leq T_s$  the section is to be designed as rectangular section with breadth  $B$  .

$$\text{i.e. } d = .545 \sqrt{\frac{M}{B}} \quad \& \quad A_s = \frac{M}{1286 \times d}$$

If  $Z > T_s$  determine the reduced breadth  $B_r = t \times B$

$$\text{from the curves given } d = .545 \sqrt{\frac{M}{B_r}} \quad \& \quad A_s = \frac{M}{K_2 \times d}$$



Dimension of T section

In our case  $B.M = 38.52 \text{ m.t}$  &  $b = 30 \text{ cm}$  &  $T_s = 20 \text{ cm}$

$B = 12 \times 20 + 30 = 270 > \text{The space between to}$

$$\text{ribs} > \frac{\text{span}}{3} \quad \& \quad \text{take } f_c = 35 \text{ kg / cm}^2 \quad \& \quad k_1 = .480 \quad \& \quad k_2 = 1237$$

$$\text{use } B = \frac{6}{3} = 2 \text{ m}$$

$$Z = .135 \sqrt{\frac{3800000}{200}} = 18.6 < 20$$

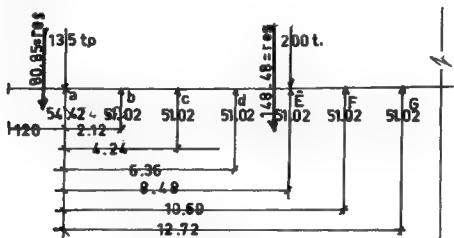
$$d = .480 \sqrt{\frac{3800000}{212}} = 64.25 \text{ take } T 90 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{1237 \times .87 \times 90} = \frac{3900000}{1237 \times .87 \times 90} = 39.23 \text{ cm}^2 \text{ take } 8\phi 25$$

Check of shear :

$$Q_s = 25.370 \text{ k} - q_s = \frac{25370}{50 \times .87 \times 90} = 10.80 \text{ kg / cm}^2 > 7 \text{ kg / cm}^2$$

$$q \text{ stirr} = \frac{4 \times .494 \times 1400}{30 \times 15} = 6.147 \text{ kg / cm}^2 \text{ take 7 stirrups / m } \phi 8, \text{ four branches \& } 4\phi 25 \text{ bent bars.}$$



LOAD &amp; ARMS OF B.M-SH

Design of main beam (5- 6- 7- 8)

$$\text{B.M} - b = 80.58 \times 2.12 = 170.82 \text{ m.t}$$

$$\text{B.M} - C = 80.58 \times 4.24 - 51.02 \times 2.12 = 233.49 \text{ m.t}$$

$$\text{B.M} - d = 80.58 \times 6.36 - 51.02 \times 2.21 - 4.24 \times 51.02 = 188.003 \text{ m.t}$$

$$\text{B.M} - E = 80.58 \times 8.48 - 51.02 \times 2.12 - 4.24 \times 51.02 - 51.02 \times 6.36 = 34.34 \text{ m.t}$$

$$\text{B.M} - F = 80.58 \times 10.60 + 148.98 \times 2.12 - 51.02 \times 4.24 - 51.02 \times 6.36 - 51.02 \times 8.48 = 196.512 \text{ m.t}$$

$$\text{B.M} - G = 12.72 \times 80.58 + 4.24 \times 148.98 - 51.02 \times 2.12 - 6.36 \times 51.02 - 51.02 \times 8.48 - 51.02 \times 10.60 = 250.53 \text{ m.t}$$

From the upper calculation the biggest :

B.M is 250.53 m.t we design as T section

$$B = 12 T_s + b_o = 12 \times 20 + 65 = 305 \text{ cm \& } \frac{\text{span}}{3} = \frac{8.08}{3} = 2.82$$

$$Z = \frac{.135 \sqrt{25053000}}{305} = 38.69 > T_s \text{ 20 cm}$$

$$\frac{T_s}{Z} = \frac{20}{38.69} = .516$$

$$\frac{B}{b_o} = \frac{305}{65} = 4.69 \quad \therefore R \text{ from curves} = .86$$

$$\frac{B}{T_s} = \frac{305}{20} = 15.25 \quad = 2.43$$

we take  $f_c = 35 \text{ kg / cm}^2$  &  $k_1 .480$  &  $k_2 = 1273$

$$d = .480 \sqrt{\frac{25053000}{243}} = 154 \text{ cm}$$

The biggest  $Q_s$  = 80580 = 80.58 from S.F diagram

$$d \text{ to shear} = \frac{80580}{8 \times .87 \times 65} = 178 \text{ take } T .185 \text{ cm to economy steel}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87 \times d} = \frac{25053000}{1273 \times .78 \times 185} = 122 \text{ cm}^2 \text{ take } 20\phi 28$$

$$\text{As to B.M } 233 \text{ m.t} = \frac{23349000}{1273 \times .87 \times 185} = 114 \text{ cm}^2 \text{ take } 19\phi 28$$

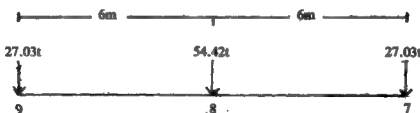
$$A_s = 0.15\% \text{ from } A_c = \frac{65 \times 185 \times 15}{6 \times .494 \times 1400} = 15 \text{ cm}^2 \text{ take } 5\phi 22$$

$$q \text{ stir} = \frac{65 \times 15}{65 \times 15} = 4.256 \text{ kg / cm}^2 \text{ \& put } 6\phi 28 \text{ bent}$$

To design beam (1 - 2 - 3 - 4) and beam (9 - 10 - 11 - 12) the calculations are exactly similar as for beam (5 - 6 - 7 - 8) to B.M & S.F to different load.

Design  $B_1$  (1 - 8 - 9) and its  $R_1 = 54.42 \text{ ton}$

$$\text{The reaction of beam } B_1 = \frac{12 \times 9.04 - 54.42}{2} = 27.03 \text{ ton}$$



$$\text{To get zero shear} = 9.04 \times = 27.03 \quad \therefore x = 2.99 \text{ m}$$

$$\text{B.M at zero shear} = 2.99 \times 27.03 - \frac{2.99^2 \times 9.04}{2} = 40.04 \text{ m.t}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times d} = \frac{4041000}{1273 \times .87 \times 185} = 19.72 \text{ take } 5\phi 22$$

put  $5\phi 22$  to beam (2 - 7 - 10) & (3 - 6 - 11)

Check of bond to slab

$$Q_s = \frac{8.48}{2} = 4.24 \text{ ton}$$

$$q_b = \frac{4240}{10 \times 3.14 \times 1 \times .87 \times 20} = 7.76 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$







أنواع الأساسات العميقة هي الأنواع التالية :

الخوازيق - القيسونات - الدعام - الآبار الإسكندرية .

١ - الخوازيق : هي عناصر إنشائية نحيفة ذات كفاءة تحمل محورية عالية - عادة ما تزيد نسبة طولها إلى قطرها عن حوالى عشرة ، ويحراوح أقطارها من ٠,٣ متر إلى ١,٥٠ متر أو أكثر وأطوالها من ٤ متر فأكثر وقد تصل في بعض الحالات الخاصة إلى ٦٠,٠٠ متر . ويلزم لتنفيذها عادة معدات ميكانيكية مختلفة . والخوازيق إما سابقة التصنيع تثبت في التربة بالاختراق ( دق - برم - ضغط ) أو تنفذ في مكانها بوسائل الحفر والتفريغ أو الدق .

٢ - القيسونات : هي أساسات أسطوانية - أو صندوقية ذات خلية واحدة أو عدة خلايا تتميز بمقاساتها الكبيرة . تصنع جزئياً أو كلياً خارج مكان التأسيس وتثبت في مكانها بالتفويض والحفر . تتركز عادة تحت منسوب المياه الجوفية أو تحت قاع المسطحات المائية . ويتم الحفر وتنفيذ أجسام هذه القيسونات داخل غرف مفتوحة أو مغلقة قد تكون مزودة بإمكانية التحكم في ضغط الهواء داخلياً .

٣ - الدعام : أساسات لها مقاسات كبيرة تنفذ بالحفر اليدوى أو الميكانيكى ولكن بدون تفويض وتكون بغلاف أو بدون . وقد يحفف المكان حولها وتنفذ داخل شلات كما في دعامات الكبارى تصنع من كتل حجرية قوية أو خرسانية عادية ذات كفاءة خاصة أو خرسانة مسلحة .

٤ - الآبار الإسكندرية : هي عناصر إنشائية تحت منسوب قاع القواعد المسلحة وعادة ما تقل نسبة طولها إلى قطرها أو ما يكافئه عن حوالى عشرة تستعمل علياً في المناطق الجافة ( عدم وجود مياه أرضية ) ينفذ حفر البئر يدوياً بدون سند للجوانب إلا نادراً .

يملاّ جسم البئر باستعمال خرسانة عادية فقيرة أو رمل مثبت أو طبقات مدكوكة من الرمل والزلط وعادة لا تقل أقطارها عن ١,٥ متر .

٥ - اختيار نوع الأساس العميق المناسب : عند ملائمة

حالة تربة التأسيس لأكثر من نوع من الأنواع ، تكون المفاضلة عادة لاختيار النوع الأكثر اقتصاداً في التكاليف وفى فترة التنفيذ . وعموماً تكون الأساسات الخازوقية ذات الأقطار العادية أى من ٣٠٠ ملمتر إلى ٦٠٠ ملمتر أكثر ملائمة في حالات الأساسات ذات الأحمال الخفيفة نسبياً والكثيرة العدد بينما يكون التأسيس على خوازيق التثبيت ذات الأقطار الكبيرة أقطارها أكبر من العدد . مثل منشآت الكبارى الرئيسية ذات البحور الكبيرة .

نبذة عن أعمال الخوازيق :

ازداد الطلب في النصف الأخير من القرن الحالى للأساسات الخازوقية وظهرت الحاجة الملحة لاستخدام الخوازيق كأساسات للمباني العالية والأبراج السكنية والمنشآت ذات الأحمال الثقيلة - وقد بدأ استخدام الخوازيق - التى يتم دفنها بمطربة البخار - عام ١٨٤٥ بواسطة « تاسميت » التى تم دفنها بمطربة تطورت الآت الذى ابتداء من عام ١٨٩٣ . من آلات خوازيق خشبية إلى آلات دق خوازيق من الحديد والخرسانة وقد بدأ استخدام الخوازيق في مبصر ابتداء من ١٩٢٠ م . وازداد استخدامها والطلب عليها من عام ١٩٣٥ م . واستمرت الزيادة في الطلب والاستخدام مما أدى إلى ظهور عدة شركات متخصصة في هذه الأعمال وقد بدأت باستخدام خوازيق بأطوال لا تزيد عن ٦ - ١٠ متر ووصلت الأطوال المستخدمة حالياً إلى ٣٥ م وأكثر من ذلك .

كما تطورت أقطار وأطوال الخوازيق المستخدمة وبالتالي الأعمال التصميمية . وسيتم استعراض أنواع الخوازيق المختلفة خاصة المستخدمة في جمهورية مصر العربية . وكذا كيفية اختيار الأساسات الخازوقية المناسبة والاشتراطات العامة للخوازيق المختلفة وتجارب التحميل وبعض المشاكل التى تتعرض لتنفيذ الأساسات الخازوقية وأتسبب الأساليب لحل هذه المشاكل :

أولاً : استخدام الأساسات الخازوقية :

يتبادر إلى ذهن المهندس الإنشائى عند تصميمه للمبنى ذلك

- خوازيق ذات إزاحة صغيرة (small displacement).
- خوازيق بدون إزاحة (Non displacement).
- (ب) بالنسبة للمواد التي تصنع منها الخوازيق .
- مثل خوازيق خشبية أو حديدية أو خرسانية .
- (ج) بالنسبة لطريقة الإنشاء .
- خوازيق بالدق (Hammering).
- خوازيق بالتفريغ (sored).
- خوازيق بالثقب (drilling).
- خوازيق بركة (screw).
- (د) بالنسبة لطريقة الصنع .
- خوازيق بجهزة (precast piles).
- خوازيق مصبوبة في مكانها (cast in site).
- (هـ) بالنسبة لطريقة نقل الحمل الواقع عليها .

— خوازيق احتكاك (friction) وهي التي تنقل الحمل الواقع عليها وذلك عن طريق الاحتكاك على جوانب الخازوق ، خوازيق ارتكاز (bearing) وهي التي تنقل الحمل الواقع عليها إلى أصلب طبقات التربة المرتكز عليها الخازوق ومعامل ضغط الإحاطة والتماسك للأساسات العميقة وأشكال الإنهيار المفروضة للأساسات كما في الأشكال التالية :

السؤال : ما هو أنسب نوع للأساسات المطلوب استخدامها ؟ وهذا يقودنا إلى ذلك السؤال : لماذا تستخدم الأساسات الخازوقية ؟ والتي نتلخص في التالي :

- (١) نقل الأحمال الثقيلة المتولدة من المنشأ إلى طبقات أقوى تمهلاً وأقل انضغاطاً .
- (٢) زيادة اتزان المباني العالية والأبراج وتقادي المبوط .
- (٣) عندما يكون استخدام الأساسات السطحية مثل البشة أكثر تكلفة وأقل كفاءة .
- (٤) حل القوى الأفقية لدعامات الكبارى والموانط الساندة .
- (٥) حل قوى الضغط العلوى (uplift) .
- (٦) ضغط الرمال السائبة (loose sand) .
- (٧) الحماية من الانهيار نتيجة التآكل خاصة في المنشآت البحرية .

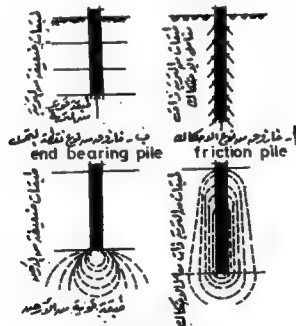
ثانياً : أنواع الخوازيق :

يمكن تقسيم الخوازيق بطرق متنوعة .

(أ) بالنسبة لتأثير الخازوق على التربة أثناء الإنشاء ... وهي ثلاثة أنواع .

— خوازيق ذات إزاحة كبيرة (large displacement) .

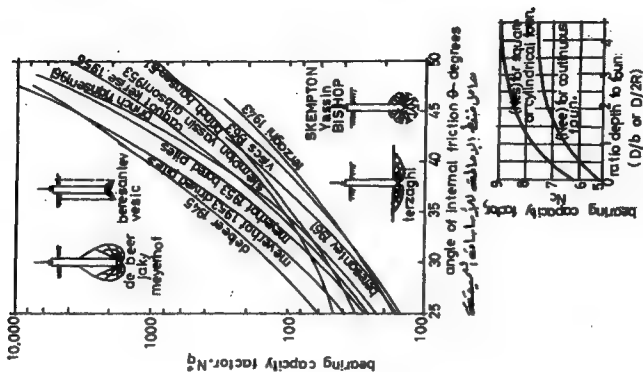
أولوية نقل الأحمال على التربة بالنسبة لنوع الخازوق



المساحة الواقعة على الطبقة صلبة

↑ خوازيق ارتكاز : friction piles  
↓ خوازيق نقطة : point bearing

أولوية توزيع الأحمال (فقاعة الارتكاز) Bulb of pressure  
حسب نوع الخازوق المستخدم

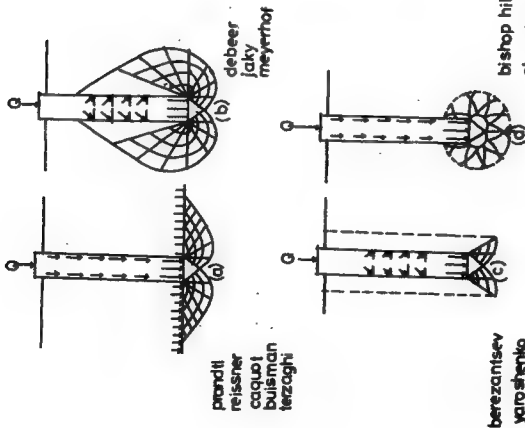


معامل قدرة التحمل  $N_q$  بـ  $\phi$  زاوية الاحتكاك الداخلي

( $D/b$  or  $D/2B$ )

Assumed failure patterns under deep foundations (after Vesic, 1967)

أنماط الفشل المفترضة للأساسات العميقة





(ب) الخوازيق التي تصب في مكانها :

الداخل داخل الماسورة كائناً لدخول التربة والمياه الأرضية .

أنواع الخوازيق التي تصب في مكانها :

(أ) خوازيق تتعبد على عمليات الدق :

(١) خازوق فرانكي Franki pile : النوع الخفيف منه قطر

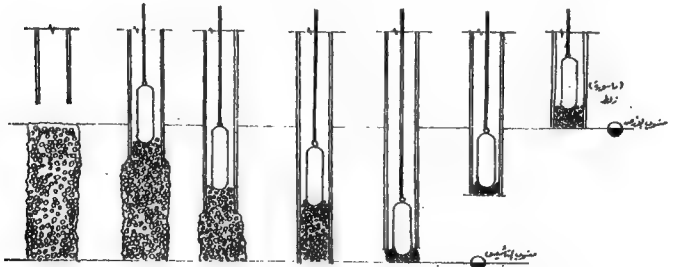
الماسورة ٤٣ سم ويصل الحمل المتاح له حوالي ٥٠ طن والنوع الثقيل منه قطر الماسورة ٥٠ سم ويصل الحمل المتاح له حوالي ٨٠ طن وعادة يتراوح الطول لهذه الخوازيق من ١٠ - ١٣,٥ متر فقط وهذا النوع عبارة عن ماسورة من الحديد سمكها ٢ سم والجزء الأسفل فيها بارتفاع ١,٥ م سمك ٣,٥ سم وتوضع عمودية على الأرض وتغلى الخرسانة بواسطة المناداة وتغير هذه الخرسانة كعب للخازوق - يتولد بين الخرسانة والماسورة قوة تماسك تساعد على سحب الماسورة عند دق الخرسانة إلى داخل الأرض - تستمر عملية الدق حتى تصل الماسورة إلى المنسوب السابق تحديده عند عمل الجسات - عند الوصول للمنسوب المطلوب يتم ربط الماسورة بمجلى من الصلب ويتم صب خرسانة داخل الماسورة مكونة قاعدة والتي تتوقف على نوع التربة المحيطة فمثلاً في التربة الطينية يتكون قاعدة وفي التربة الرملية يصبح تكون هذه القاعدة - يتم رفع الماسورة إلى أعلى لمسافة ٥٠ سم وتندق الخرسانة لتتألف فراغ الماسورة وتكرر هذه العملية حتى يتم عمل الخازوق المطلوب كما في الشكل التالي :

(١) الخوازيق الخرسانة المصبوبة في مكانها تعمل بواسطة ثقب الأرض بالعمق والقطر المطلوبين ثم ملء هذا الثقب بالخرسانة العادية أو المسلحة .

(٢) يمكن عمل الخوازيق باستخدام مواسير من الصلب ( يتراوح قطرها من ٢٠ - ٦٥ سم ) مملوءة من أسفل بكعب وتدق بواسطة المناداة وزن حوالي ٢,٠٠ طن ويتم دق هذه المواسير حتى المنسوب التصميمي المطلوب وتسمى هذه الخوازيق بخوازيق الإزاحة displacement ثم تغلى الماسورة بواسطة الخرسانة ثم تشد إلى أعلى حتى تستخرج من التربة وتستعمل في دق خوازيق أخرى ويتبع عن ذلك ترك عמוד خرساني في الأرض يقاوم الأحمال الواقعة عليه بواسطة احتكاكه بالتربة بسطحه الخارجي وبالارتكاز عند كعبه ويراعى عدم الاستمرار في دق الماسورة عند انفصال الكعب أو دخول التربة أو المياه الأرضية أو اختلاطها بالخرسانة .

(٣) يمكن تجهيز خوازيق بواسطة إنزال الماسورة واستخراج التربة من داخلها بالريشة Auger أو اللف vlave وفي هذه الحالة تنعدم تماماً الإزاحة الخارجية Non - displacement ويشغل الخازوق الفراغ الناتج عن التربة المستخدمة وبعد أن تصل الماسورة إلى العمق المطلوب يتم ملؤها بالخرسانة وتشد الماسورة لأعلى حتى تستخرج تماماً من التربة ويجب مراعاة عدم انفصال مكونات الخرسانة. وذلك بأن يكون ارتفاع الخرسانة

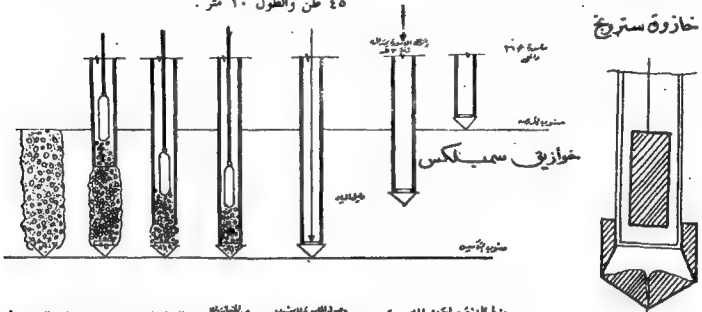
## خوازيق فرانكي



١- إدخال الأنبوب ٢- صب الخرسانة ٣- إدخال الأنبوب ٤- إدخال الأنبوب ٥- إدخال الأنبوب ٦- إدخال الأنبوب ٧- إدخال الأنبوب

(٣) خازوق سيمبلكس Simplex : عبارة عن ماسورة قطرها الخارجى ٤٦ سم ومجهزة من أسفل بكعب مخروطى الشكل يتصل بنصفه بجوانب الماسورة بواسطة مفصلات تسهل انفراج النصفين عن بعضهما ويقوم هذا المفروط بوظيفة كعب الخازوق بدلاً من الكعب الحديد أو الحرساني يصل حمولة الخازوق حوالى ٤٥ طن والطول ١٠ متر .

(٧) خازوق سترونج Strong pile : مثل خازوق فرانكى ويتخلف في نوع الكعب قيم سد الماسورة بواسطة كعب من الخرسانة المسلحة ويترك الكعب الحرساني من الطارة الصلب التى تزن على الماسورة . أحمال هذا الخازوق بين ٤٠ - ٥٠ طن والطول في حدود ١٥ متر .

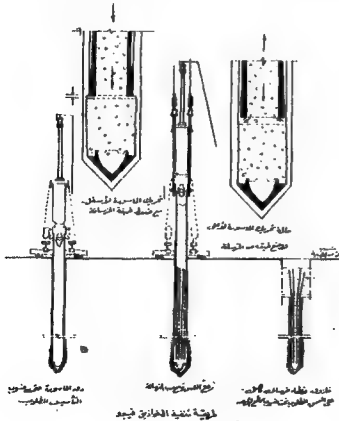


وصورة الماسورة فى التربة  
المادة داخل الماسورة  
التي تتركب من  
الحديد والخرسانة  
معدة مسبقاً  
معدة مسبقاً  
معدة مسبقاً  
معدة مسبقاً

منطقة التربة التي يتكبد الماسورة

(٤) خازوق مونوبلكس Monopile pile : مثل خازوق فرانكى ولكن الكعب زهر وقطر الماسورة حوالى ٤٠ سم وأقصى طول لها ٢٠ م ويتراوح الحمل من ٤٠ - ٥٠ طن .  
(٥) خازوق دوبلكس Duplex pile : وهو عبارة عن خازوق مونوبلكس مع زيادة قطره بواسطة دق خازوق حديد بكعب وتدق الماسورة بالكعب داخل الخازوق الأصل ( الذى تكون الخرسانة به لم يتم شكهوا ويتم لإزاحة الخرسانة الأصلية ( الطازجة ) وبالتالي يزداد القطر ويصل قطر الخازوق المونوبلكس ٥٦ سم ويمكن تكرار العملية مرة أخرى ليصل القطر ٣ مرات ويسمى « تريپلكس » .

(٦) خازوق فيبرو Vibro pile : ومن النوع العادى ويستخدم لذلك ماسورة قطرها ٤٢ سم كما يستخدم كعب حديد زهر والحمل لهذه الخوازيق يصل إلى ٦٠ طن ويصل الطول من ١٠ - ٢٠ متر كما في الشكل التالى ( أ ) والنوع الثانى هو التجميع Expanded ويستخدم نفس الماسورة السابقة وعند وصولها للمنسوب المطلوب يتم صب الخرسانة لمسافة حوالى ٣ - ٤ متر وترفع الماسورة ويتم دق الخرسانة فترغ الخرسانة التربة جانباً ويجمع الخازوق ويتجمع من أسفل وتتوقف الأحمال على نوع طبقات الأرض الموجودة وتصل إلى حوالى ٧٥ طن والأطوال حوالى ٢٠ متراً كما في الشكل التالى ( ب )



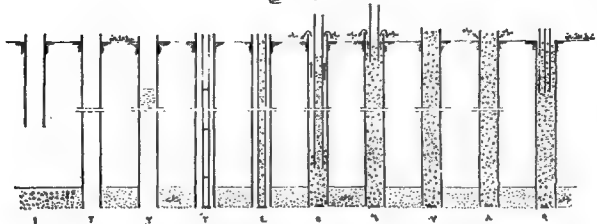
نظرة من أعلى على الماسورة  
معدة مسبقاً  
معدة مسبقاً  
معدة مسبقاً  
معدة مسبقاً





## ٣) خازوق فيرو بالفريغ : يشابه خازوق بيتو ولكن يتم على تسعة مراحل كما في الشكل التالي :

طريقة تنفيذ خازوق فيرو بالفريغ

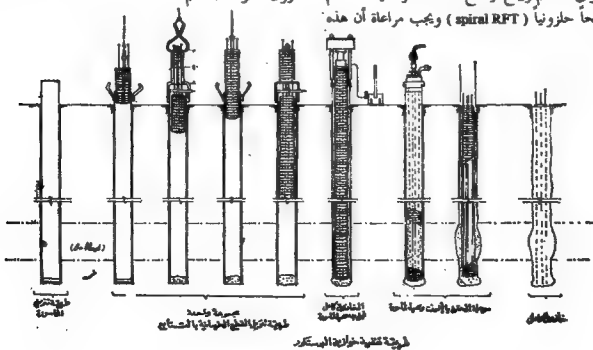


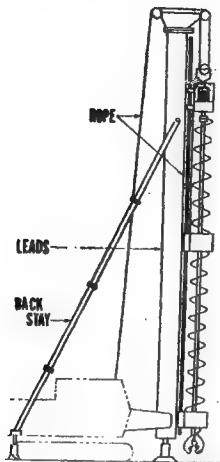
- ١- حفر الخازوق
- ٢- صب الخرسانة
- ٣- صب الخرسانة
- ٤- صب الخرسانة
- ٥- صب الخرسانة
- ٦- صب الخرسانة
- ٧- صب الخرسانة
- ٨- صب الخرسانة
- ٩- صب الخرسانة

- ١٠- صب الخرسانة
- ١١- صب الخرسانة
- ١٢- صب الخرسانة
- ١٣- صب الخرسانة
- ١٤- صب الخرسانة
- ١٥- صب الخرسانة
- ١٦- صب الخرسانة
- ١٧- صب الخرسانة
- ١٨- صب الخرسانة
- ١٩- صب الخرسانة
- ٢٠- صب الخرسانة

القطع الخرساني مزججة بخرسانة كثيفة عالية المقاومة بالإضافة إلى وجود ثقوب بها لوضع وتثبيت حديد التسليح الرأسى مع وجود ثقب داخلى للماسورة بقطر حوالى ١٠ سم تستخدم للحقن بالأسمنت بعد إززال القطع الخرساني داخلى الخازوق . ويتم تركيب هذه الخرسانة القطع على قاعدة من الصلب تترك بالقاع وبعد وصول الخازوق للنسب المطلوب يتم حفته بالأسمنت لتكوين الخازوق الأصل ثم يتم رفع الماسورة الخارجية أثناء عملية الحقن - يعتبر هذا النوع وسط بين الخازوق الخرساني السابق تجهيزه والخازوق الخرساني المصبوب فى الموقع ويصلح طبقاً لمساحة مقطعه وتحدد حوته حسب قطره وتصل إلى ١٥٠ طن خازوق قطره ٦٥ سم .

٣) خازوق بريست كور ( Prest core pile ) : يستخدم هذا الخازوق فى المساحات الضيقة والتي لا تسع لماكينات دق الخوازيق كما أنه يستخدم أيضاً فى حالة وجود مباني مجاورة تتعرض للتصدع نتيجة للاهتزازات المتولدة بالتربة من عمليات الدق ... أو فى حالة عدد خوازيق ضئيلة بالنسبة للمساحة عادة تستخدم الماكينات اليدوية المستعملة فى الجسات ( البرعة أو البلف ) ويتم ذلك بانزال ماسورة بقطر ٣٠ - ٦٥ سم وبفرغ بداخلها وذلك حتى النسب المطلوب مع إضافة أطوال للماسورة كلما تطلب ذلك - يتم تجهيز قطع أسطوانية من الخرسانة المسلحة قطرها الخارجى أقل من القطر الداخلى للماسورة بحوالى ١ سم ويبلغ ارتفاع القطعة الخرسانية ٥٠ سم وتسليح تسليحاً حلزونياً ( spiral RFT ) ويجب مراعاة أن هذه





الماكينة التي تقوم بالتخريم مركبة في اعلاها  
جهاز ضخ الأسمنت والرمل



الجهاز العلوي الذي يملأ بالأسمنت والرمل والمادة التي تغطي  
اللينة وتقوم بضغط المونة في الماسورة التي يداخل البريمس

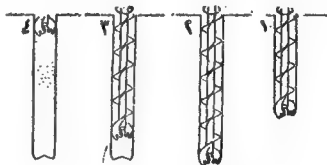
- ٥) خوازيق وويرس Wirth : خوازيق وويرس تنتج من  
تشغيل ماكينة اهتزاز لها ماسورة بها سنون خارجية حلزونية وفي  
نهاية الماسورة من أسفل سدادة تمنع دخول الماء بالماسورة أثناء  
الحفر بالماكينة جهاز يعمل على دوران هذه الماسورة مع الضغط

٤) خوازيق التخريم : خوازيق التخريم قطر ٦٠ سم وحمل  
التشغيل ١٢٥ طن ويعمل بخرسانة الرمل والأسمنت فقط مع  
إضافة مادة تغطي لدونه عالية للخرسانة . وطريقة التخريم تتم  
كالاتي :

- أ ) يحدد منسوب ارتكاز الخازوق بجهاز الاختراق .  
ب ) يتم التخريم بإنزال ماسورة بطول حوالي ١,٥ م ويحفر  
إنزال البريمة بداخلها إلى العمق المطلوب .  
جـ ) وأثناء رفع البريمة يتم ضخ مونة الرمل والأسمنت في  
الحفرم الذي يكون ماسورة بداخل البريمة وكذلك يضاف مواد  
كيميائية لزيادة لدونة الرمل والأسمنت وتحديد الكميات من واقع  
التجارب على نوعية الرمل المستعمل في جسم الخازوق . وهناك  
عدة أنواع من المواد الكيميائية ضمنها Retarder or cement  
انتاج شركة هوكست . بإضافة ١ كجم من إحدى المادتين  
لكل ١٠٠ كجم أسمنت تغطي جهداً حوالي ٢٨٠ كجم / سم<sup>٣</sup>  
ويجب التأكد من ضغط الرمل والأسمنت داخل الحفر أثناء رفع  
البريمة للتأكد من عدم وجود فراغات وذلك بتوقف مؤشر ضغط  
الرمل والأسمنت . وقد عملت تجارب تحميل بحوالي مرة ونصف  
حمل التشغيل وظهر أن المبوط النهائي لا يتجاوز ٢٧ م بما في ذلك  
المرونة في جسم الخازوق . ويكون المبوط النهائي بعد رفع الحمل

حوالي ١ م ويمكن الوصول إلى عمق حوالي ٢٠ متر وكذا  
يمكن الوصول إلى عمق ٢٥ متر بعمل وصلات إضافية .

### خوازيق التخريم :



- ١ - البريمة تخترق الأرض  
٢ - البريمة وصلت الأرض السليمة التي سينتشر عليها الخازوق  
٣ - خروج البريمة مع ضخ الأسمنت والرمل والمادة اللينة ليملا  
الخازوق  
٤ - امتلاء الخازوق بالمونة .

(٦) **خوازيق ستراوس (straus pile)** : يعتبر هذا الخازوق من الأنواع الأولية وأقلها تكلفة ولا يحتاج لأي ماكينات في تنفيذه .. تتراوح أقطار هذه الخوازيق بين ٢٠ سم إلى ٣٠ سم . يتم التنفيذ بعمل ثقب رأسى بعمق ١,٠٠ متر في التربة ببريمة قطرها أكبر من قطر الخازوق المطلوب ثم تثبيت ماسورة بطول ٢,٥ متر في الثقب .. ويتم إنزال الماسورة في التربة بواسطة تبريق التربة داخل الماسورة ببريمة قطرها أصغر من قطر الماسورة - تركيب وصلات من المواسير كلما احتاج الطول إلى ذلك .. وعند الوصول إلى المنسوب المطلوب يتم صب الخرسانة داخل الماسورة ... وأثناء الصب يتم رفع الماسورة إلى أعلى ويتم ذلك الخرسانة جيداً بمندالة وزن ٥٠ كجم يحصل طول الخازوق من هذه الأنواع لحوالى ١٠ متر ويتراوح حمل الخازوق من ١٠ - ١٨ طن هذا النوع من الخوازيق يحتاج إلى عناية خاصة لضبط رأسية الخازوق .

(٧) **خازوق كومبريسول Compressol pile** : لا تستخدم مواسير في هذا النوع .. ويتم استخدام مخروط من الحديد قطره ٥٠ سم وارتفاعه ١,٠٠ متر ويتم رفع هذا المخروط بالماكينة إلى أعلى ثم إسقاطه حراً في الأرض فينتج عن ذلك فجوة في الأرض بشكل المخروط تكرر العملية عدة مرات حتى يصل المخروط إلى العمق المطلوب والذي لا يزيد عن ٦,٠٠ متر تقريباً .. ويستبدل المخروط بعد ذلك بنصف كرة قطرها ٥٠ سم وتصب الخرسانة على فترات دفعات داخل الفجوة ويتم عمل الخازوق . أحمال هذا الخازوق في حدود ٢٠ طن ويتم تنفيذه في الأرض الطينية المتأسكة . ويجب ملاحظة تأثير انضغاط التربة تحت منسوب الخازوق على المباني المجاورة .

#### خاصة : الاشتراطات الفنية المطلوبة للخازوق :

(١) يجب أن يكون الحمل المؤثر على الخازوق في محوره .. وفي حالة وجود أكثر من خازوق يراعى أن يكون تأثير الحمل الكلى في مركز ثقل المجموعة .

(٢) في حالة عدم مركزية الحمل تتخذ لها الاحتياطات اللازمة لذلك عند تصميم الوسائل .

(٣) يجب ألا يزيد الجهد في قطاع الخازوق عن جهد التشغيل المسموح به للمادة الخازوق سواء كان الخازوق خرسانة أو حديد .. إلخ .

(٤) تتخذ كافة الاحتياطات اللازمة لحماية الخوازيق بما قد يوجد بالتربة من أملاح وكبريتات في المياه الجوفية عن ٣٠٠ مليجرام / لتر يراعى استخدام أسمنت مقاوم للكبريتات .

(٥) يجب أن تكون الخرسانة المستخدمة بكثافة عالية وقوة اجهادات مرتفعة ونفاذية ضئيلة والركام المستخدم سيليسى

عليها لأسفل فستخترق مكان الخازوق المراد صبه إلى الطينة الرملية التي حددت عليها ارتكاز الخازوق بواسطة جسة سابقة بأى طريقة أو جهاز الاختراق المخروطى .

#### ويشتمل صب الخازوق على أربعة مراحل :

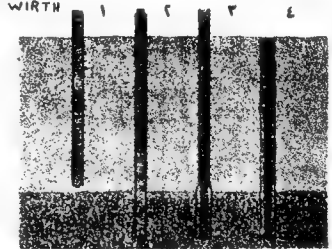
( أ ) اختراق الماسورة حتى طبقة الرمل التي ستركز عليها الخازوق .

( ب ) إنزال التسليح اللازم للخازوق وبمقدار هذا التسليح بالتصميم حسب طبيعة التربة والأحمال التي سيتحملها الخازوق .

( ج ) يتم إنزال الخرسانة داخل الماسورة التي سبق إنزال الحديد بها مع دفع السدادة إلى أعلى بحيث عند رفع الماسورة تصبح السدادة منفصلة عن الماسورة وذلك بتأني بقل الخرسانة التي صبت داخل الماسورة ، ويجب البدء في سحب الماسورة بعد صب حوالى ٣ / ط . وبالماسورة يعمل جهاز الاهتزاز بالماكينة على هز الخرسانة داخل الماسورة ثم يبدأ في سحب الماسورة .

( د ) يتم سحب الماسورة مع الصب بالتوالى مع تشغيل جهاز الاهتزاز كما في الشكل التالي :

المرحلة الأخيرة التي يتم فيها انزال الماسورة حتى نهاية صبه الخرسانة



- ١- اختراق الماسورة حتى طبقة التسليح.
- ٢- انزال التسليح اللازم للماسورة.
- ٣- يتم سحب الماسورة داخل الخرسانة مع دفع السدادة إلى أعلى.
- ٤- يتم الصب مع سحب الماسورة وتثبيت الخرسانة.

شكل يبين طريقة انزال الماسورة داخل التربة

(١٧) تحفظ الخوازيق مبللة لمدة ٧ أيام ولا يتم دق الخازوق الجاهز قبل مضي ٢٨ يوماً على تاريخ الصب .

(١٨) وفي حالة تنفيذ وصلات الخوازيق يتم الكشف عن حديد التسليح بطول لا يقل عن ٥٠ مرة قطر السبيخ وتزداد الكانات في هذا الجزء إلى ضعف العدد المطلوب ويراعى الالتزام بباقي الاشتراطات .

### الخوازيق الخشبية :

يندر استعمال الخوازيق الخشبية كأساسات للمباني في مصر حالياً ولكن قد تستخدم في أعمال الدمسات أو كدعامات لحماية المنشآت المائية . وعادة تصنع في قطاعات مربعة أو مستديرة وقد يكون القطاع منتظماً أو مسلوياً .

ويجب أن يكون جسم الخازوق خالياً من جميع العيوب التي يمكن أن تؤثر على متانة الخازوق ونجمه . ويتوقف عمر الخازوق على الوسط الذي يتخرفه ، ففي حالة اختراقه للتربة يكون كامل طول الخازوق تحت منسوب المياه العذبة فإنه يعيش لسنتين طويلة ، أما في حالة امتداد الخازوق فوق سطح المياه فإنه يكون عرضة للتآكل ويجب معالجته حتى لا يقل عمر المنشأ الذي يحمله أو يحمله .

وفي حالة استعمال الخوازيق في المنشآت فإن جسم الخازوق يكون معرضاً للتلف من جراء تعرضه لهجوم الأحياء المائية أو الحريق ولذا يجب حمايته بالمعالجة المناسبة بالدهان أو الحفر . فإذا تمت المعالجة جيداً فإن عمر الخازوق يزيد إلى عشرات السنين . ويجب فحص الخوازيق الخشبية عند اختيارها وقبل معالجتها واستبعاد الخوازيق التي يظهر بها عيوب . كما يفضل ألا تقل نسبة الرطوبة بها عن ٢٠٪ وألا تزيد عن ٥٠٪ وفي حالة صعوبة الدق في الأراضي الصلبة فيمكن عمل حفر مسبقة لتسهيل عملية الدق . ولا يجوز استعمال الخوازيق الخشبية تحت منشآت تنبعث منها حرارة شديدة مثل الأفران حيث إن عمر الخوازيق الخشبية حساس للحرارة .

### ويراعى في تنفيذ الخوازيق الخشبية ما يلي :

(١) أن يتراوح أبعاد قطاعاتها من ١٥٠ ملمتر إلى ٥٠٠ ملمتر ( قطر الدائرة أو الضلع للمربع ) وقد يصل طول الخازوق منها إلى ٢٠ متراً . ويكون قطاعها منتظماً أو مسلوياً - إذا كانت الخوازيق دائرية المقطع وجب ألا يقل قطرها عن ١٥٠ ملمتر عند أسفلها وعن ٢٨٠ ملمتر على بعد ٦٠٠ ملمتر من قمتها بعد إزالة الأجزاء الزائدة منها بعد دقها . أما إذا كانت الخوازيق مربعة المقطع وجب ألا يقل مقطوعها عن ٢٥٠ × ٢٥٠ ملمتر في كامل طولها .

وخال من الشوائب والجير والمواد الغريبة ونسبة الماء إلى الأسمنت أقل ما يمكن وأن تقل نسبة الأسمنت عن ٣٥٠ كجم / م<sup>٣</sup> خرسانة .

(٦) عند حساب قطاع الخازوق يستبعد الجزء الخارجى الملاصق للتربة وذلك بتقليل القطر في حدود ٥ - ٦ سم وكذلك عند حساب الإجهادات في جسم الخازوق .

(٧) المسافة بين محاور خوازيق الاحتكاك لا تقل عن ثلاثة أمثال قطر الخازوق ولا تقل عن ٢,٥ مرة قطر الخازوق في حالة خوازيق الارتكاز ولا تقل عن ٢ مرة قطر البريمة في حالة خوازيق البريمة .

(٨) يجب أن يمتد حديد الخوازيق أو تسليح الرؤوس داخل الواسد بطول لا يقل عن ٥٠ مرة قطر السبيخ على الأقل .

(٩) يتم ربط الواسد بواسطة شدادات ( ميدلت ) جاسئة .

(١٠) يجب ألا يقل تسليح الخازوق الخرساني عن الآتي :  
- الخوازيق سابقة الصب ١,٢٥٪ إذا كان طول الخازوق حتى ٣٠ مرة قطر الخازوق .

- ١,٥٪ إذا كان طول الخازوق ٣٠ - ٤٠ مرة قطر الخازوق .

- ٢٪ إذا كان طول الخازوق أكبر من ٤٠ مرة قطر الخازوق .

وفي حالة وصل الحديد يراعى اتخاذ كافة الاشتراطات الفنية لذلك .

(١١) يجب ألا يقل التسليح العرضي ( الكانات ) عن ٢٥٪ من حجم الخازوق ولا تزيد المسافة بين الكانات عن أصغر قيمة لكل من ( نصف قطر الخازوق أو ١٥ مرة قطر السبيخ أو ٢٠ سم ) .

(١٢) تزداد الكانات في المتر الأول والمتر الأخير من الخازوق إلى نسبة ٦٪ من حجم الخازوق . يجب ألا يقل الغطاء الخرساني عن ٤ سم وفي الأراضي التي بها نسبة أملاح عالية يصل الغطاء إلى ٦ سم .

(١٣) يفضل أن يزود طرف الخازوق بكعب معدني يثبت في الخرسانة .

(١٤) يراعى أن يزداد طول الخازوق لمسافة ٥٠ مرة قطر سبيخ التسليح أو ٦٠ سم أيها أكبر عن الطول المحسوب وذلك تعويضاً للجزء العلوى الذي يتم تكسيه بفعل الدق .

(١٥) يجب ألا يقل تسليح الجزء العلوى من الخوازيق التي تصب مكانها عن ١٦٦٤ سم وبطول لا يقل عن ٣,٠٠ م للسبيخ .

(١٦) يتم ربط حديد الخوازيق بالواسد ( caps ) .

- (٧) أن يكون خشب الخوازيق من النوع الجيد مثل الخشب العزيزى وبحيث يقاوم المؤثرات التى قد يتعرض لها .  
الخشب المستعمل وفقاً للجدول التالى . مع مراعاة تأثير خاصية الانبعاج إن وجدت .
- (٣) يجب ألا تتعدى الإجهادات فى مقطع الخازوق الناتجة

| نوع الخشب المستعمل كخازوق |                       | جهد التشغيل المسموح به فى الضغط فى اتجاه الألياف |
|---------------------------|-----------------------|--|
| ميجانوتن / م <sup>٢</sup> | كجم / سم <sup>٢</sup> |  |
| ٤                         | (٤٠)                  | العزيزى (pitch pine) أو ما يماثله                |
| ٥,٤                       | (٥٤)                  | البلوط (oak) أو ما يماثله                        |

- (٤) تورد الخوازيق للموقع بأطوال تزيد على الأطوال المقدرة على ضوء الحساب وخوازيق التجربة بما لا يقل عن ٥٠٠ ملليمتر . وبعد دقها تزال منها الأطوال الزائدة أو التى تكون قد تأثرت بالدق .

جدول يبين تأثير خاصية الانبعاج Buckling على الحمل المسموح به للخوازيق التى تعمل كأعمدة

| معامل تخفيض الحمل المسموح به* نتيجة لانبعاج الخوازيق التى تعمل كأعمدة |              |        |        | نسبة الطول الفعال إلى أقل نصف قطر |
|---|--------------|--------|--------|-----------------------------------|
|   |              |        |        | Effective length                  |
|   |              |        |        | للحركة التلويحية                  |
|   |              |        |        | Radius of gyration (R)            |
| خشب   | خرسانة مسلحة | صلب ٣٧ | صلب ٥٢ |                                   |
| ١,٠٠  | —            | ١,٠٠   | ١,٠٠   | صفر                               |
| ٠,٩٨  | —            | ٠,٩٥   | ٠,٩٤   | ١٠                                |
| ٠,٩٥  | —            | ٠,٨٩   | ٠,٨٧   | ٢٠                                |
| ٠,٩٣  | —            | ٠,٨٤   | ٠,٨١   | ٣٠                                |
| ٠,٨٩  | —            | ٠,٧٨   | ٠,٧٥   | ٤٠                                |
| ٠,٨٢  | ١,٠٠         | ٠,٧٣   | ٠,٦٨   | ٥٠                                |
| ٠,٧٢  | ٠,٨٨         | ٠,٦٨   | ٠,٦٢   | ٦٠                                |
| ٠,٦١  | ٠,٧٦         | ٠,٦٢   | ٠,٥٦   | ٧٠                                |
| ٠,٥٠  | ٠,٦٧         | ٠,٥٧   | ٠,٥٠   | ٨٠                                |
| ٠,٤١  | ٠,٥٩         | ٠,٥١   | ٠,٤٣   | ٩٠                                |
| ٠,٣٤  | ٠,٥٢         | ٠,٤٦   | ٠,٣٧   | ١٠٠                               |
| ٠,٢٨  | —            | ٠,٤١   | ٠,٣٢   | ١١٠                               |
| ٠,٢٤  | —            | ٠,٣٦   | ٠,٢٨   | ١٢٠                               |
| ٠,٢١  | —            | ٠,٣٢   | ٠,٢٤   | ١٣٠                               |

- \* الحمل المسموح به = معامل الانبعاج × الجهد المسموح به بإهمال الانبعاج × مساحة مقطع الخازوق .
- I = عزم القصور الذاتى حول المحور الأطول ( العزم الأصغر ) لمقطع الخازوق .

A = مساحة مقطع الخازوق .

R = نصف قطر الحركة التلويحية =  $\sqrt{\frac{I}{A}}$

(٥) يجب أن يزود أسفل الخازوق بكعب مديب من الحديد الصلب أو يوضع طوق من الصلب حول رأس الخازوق للمحافظة عليه أثناء الدق .

(٦) يمكن زيادة طول الخازوق الخشبي باطوال أخرى نفس المقطع على أن تعمل الوصلة من قطاعات معدنية أو خشبية بمقاسات مناسبة تتحمل الاجهادات التى تتعرض لها بأمان .

## الخوازيق الحديدية :

بالنسبة لمادة الخازوق .

ومن استيفاء اشتراطات ضبط الجودة عند تجهيز وإنشاء الخوازيق . وفي حالة امتداد الخوازيق خارج مستوى سطح الأرض النهاى فإنه يجب تصميمها كأعمدة .

وعلى أساس استيفاء شرط متانة جسم الخازوق كفرض مبدئى فسينحصر تناول الموضوع فى هذا المقام فيما يلى على عامل مقاومة التربة لحمل الخازوق باعتباره العنصر المحدد لقدرة تحمل الخازوق . لذلك يمكن القول بأن قدرة تحمل الخوازيق تعتمد على طراز وشكل ومقاس الخازوق وعلى خواص التربة المحيطة والحاملة للخازوق . وكذلك تعرف قدرة التحمل القصوى على الخازوق عادة بأنها الحمل الذى تبلغ عنده مقاومة التربة للاننيار حدها الأقصى . وفى حالة زيادة الحمل عن هذا القدر تنهار التربة الحاملة للخازوق لتجاوز اجهادات القص لتولدة بقدرة التربة لمقاومتها وهو بما يعرف باسم انهيار القص العام . ويحتد يخرق الخازوق التربة فيفتقر عمقه أو اتجاهه أو كلاهما بمقادير ملحوظة . وقد تتغير أيضاً خواص التربة الحاملة للخازوق . ومن ثم يكسب الخازوق صفات مغايرة لوضعه قبل الاننيار . ويختلف مقدار هبوط أو حركة الخازوق المناظرة لتولد القدرة القصوى من حالة إلى أخرى . وذلك لأنها تعتمد على طبيعة التربة وعلى مقياس الخازوق . وفى أعمال التنفيذ من الممكن اعتبار القدرة القصوى لتحمل الخازوق هى الحمل الذى يحدث هبوطاً فى الخازوق قدره ١٠٪ من قطر الخازوق . وذلك إن لم يتم تحديده بخاصية واضحة من منحني ( حمل - هبوط ) الخازوق .

وقد يمكن حساب قدرة التحمل القصوى بصفة تقريبية بواسطة إحدى الصيغ الإستاتيكية والتي قد تعرف باسم الصيغ النظرية والتي تعتمد على بيانات خواص التربة وعلى الأخص معاملات قوى القص التى تحدد من التجارب المعملية أو الحقلية أو كليهما .

وكذلك قد يمكن حسابها ( فى حالة خوازيق الدق ) بإحدى الصيغ الديناميكية للخازوق كما قد يمكن تحديد قدرة التحمل القصوى للخازوق من نتائج تجارب الاختراق الإستاتيكية والديناميكية وباستخدام إحدى الصيغ الإستاتيكية فإن القيمة التقريبية المحسوبة للحمل الأقصى تتحدد دقتها على درجة الوثوق فى الصيغة المستخدمة وعلى الدقة فى بيانات خواص التربة الحاملة للخازوق . ولكن بالنسبة لوائمة القيمة المحسوبة لأى خازوق آخر فى الموقع فهذا يتوقف على مدى توافق أو اختلاف معاملات التربة الحاملة والمحيطه لهذا الخازوق مع المعاملات المستخدمة فى الحساب .

تشمل الخوازيق الحديدية التى يكون قطاعها المنقول إليه الأحمال من الحديد فقط . مثال ذلك قطاع ( H ) - القطاع المستدير ( ماسورة مفتوحة أو مسدودة من نهايتها السفلى ) - القضبان - القطاع المربع أو المستطيل .. إلخ وتشتمل كذلك الخوازيق البريعة . ولغة الخوازيق متانة إنشائية عالية ويمكن لحامها قبل أو أثناء التنفيذ والوصول بأطولها إلى قيم كبيرة . ولكن من عيبها أنها تتعرض للصدأ ومن ثم التآكل خصوصاً الجزء من الخازوق الذى يلى الهامة مباشرة عندما تكون التربة مفككة غير متماسكة أو فى الجزء من التربة قرب الحد الفاصل بين الماء والهواء .

## أ ) خوازيق الصلب المدرفلة :

تكون قطاعات هذه الخوازيق إما مسحوبة rolled أو مركبة ومصنوعة خصيصاً لتستعمل كخوازيق حاملة ( صندوقية ) Box piles وغالباً ما يكون القطاع المستخدم على شكل ( H ) حيث يكون طول وعمك كل من الشفة flang والمصب web متماثلين ويجب العناية أثناء نقل الخوازيق وتخزينها خصوصاً فى الخوازيق الطويلة ذات مسارات القطاع الصغير . وكذلك أثناء الدق فإن الخوازيق ذات القطاع يمكن أن تنتنى وتأخذ مسارات مغايرة لمسارها النظرى وعليه فإنه من الأحوط أن تقوى نهاية الخازوق السفلى بفتح كسرهما وتغيير مسارهما أثناء الدق فى الأرض شديدة الصلابة .

## ب ) خوازيق ذات قطاع مستديرة ( ماسورة ) :

يشمل هذا النوع الخوازيق ذات القطاع المستديرة وتصنع هذه الخوازيق بأقطار وثمانينات متعددة ويمكن أن يصل قطر الماسورة فى الخازوق ذات القطاع المفتوح إلى ٣ متر وعمك جدارها إلى ٧٥ ملليمتر عندما تستعمل فى المنشآت المائية .

## ج ) الخوازيق البريعة :

هى خوازيق ذات قطاع مستدير مزودة بمخارون من لوح صلب ملحوم أسفل الماسورة وتستخدم فى أنواع التربة الضعيفة والغرض من المخارون هو زيادة مساحة التحميل بما يزيد من سعة تحميل الخازوق .

## قدرة تحمل الخوازيق

أولاً : يتناول هذا الجزء الطرق المختلفة المستخدمة فى تقدير قدرة تحمل الخوازيق . وتتوقف قدرة تحمل الخوازيق على عاملين هما : الإجهادات المسموح بها داخل جسم الخازوق . ومقدار مقاومة التربة لحمل الخازوق . وعادة ما يكون العامل الأخير هو المحدد لقدرة تحمل الخوازيق . إلا أنه يجب التأكد من أن أقصى الإجهادات التولدة بالخوازيق لا تتعدى الإجهادات المسموح بها

في حالة المشروعات الصغيرة التي تبين أبحاث التربة بها غائلاً مع الموقع الجاور لها فقد لا يستدعي الأمر إجراء اختبارات تحمل أولية على الخوازيق .

**ثانياً : حساب قدرة تحمل الخازوق بالصيغ النظرية :**  
نظراً لأن هذه الصيغ النظرية تحتوي على معاملات يصعب تحديد قيمتها الحقيقية الفعلية بدقة كافية - كما سيتوضح فيما بعد - لهذا فإنه لا يجوز الاعتماد على نتائج هذه الصيغ وحدها ويتحتم التحقق من هذه النتائج بإجراء تجارب تحمل في الموقع على بعض الخوازيق .

وتعتمد جميع الصيغ النظرية على معادلة الحمل الأقصى الذي يتحملة الخازوق عند مستوى أسفل الهامات. مضافاً إليه وزن الخازوق ( $P_0$ ) بأقصى مقاومة تبليها التربة اتجاه انهيار الخازوق . وتشتمل هذه المقاومة كلاً من جهود القص الناشئة عن احتكاك أو التصاق التربة بالسطح الجانبي للخازوق ( $Q_f$ ) وجهود الضغط الفعالة على أسفل قاعدة ارتكاز الخازوق ( $Q_b$ )

$$Q_{ult} + P = Q_f + Q_b \quad \text{معادلة رقم (١)} \\ = fA_s + qA_b$$

حيث :

$f$  = متوسط إجهاد الاحتكاك أو الالتصاق على وحدة المساحة الجانبية للخازوق ( مساحة سطح جذع الخازوق )  $Pile\ shaft$  وذلك في حالة أقصى مقاومة لانهيار الخازوق .  
 $A_s$  = مساحة سطح جذع الخازوق .

$q$  = متوسط جهود الضغط على وحدة مساحة المسقط الأفقي لقاعدة الخازوق عند أقصى مقاومة لانهيار الخازوق .

$A_b$  = مساحة المسقط الأفقي لقاعدة ارتكاز الخازوق .  
وفي أغلب الحالات يستعاض عن وزن الخازوق ( $P$ ) بالقيمة ( $A_b \times P_0$ )

حيث :

$P_0$  = الإجهاد الناتج من وزن عمود التربة المقابل لحجم الخازوق عند مستوى نقطة ارتكاز الخازوق  $overburden\ pressure$  ويكون هذا التوزيع مقبولاً في كثير من الحالات إذا اعتبر أن متوسط وزن وحدة الحجم لكل من الخازوق والتربة متساويان .  
وبذلك تصبح المعادلة السابقة على النحو التالي .

$$Q_{ult} = fA_s + A_b (q - P_0) \quad \text{معادلة رقم (٢)}$$

كذلك باستخدام إحدى الصيغ الديناميكية يمكن الحصول على تقدير تقريبي للحمل الأقصى بالموقع وتحدد دقة القيم المتحصل عليها على درجة الوثوق في الصيغة المستخدمة وعلى الدقة في قياس البيانات الحقلية المستخدمة في الحساب .

وفي حالة إجراء تجربة تحمل حتى الانهيار فإنها تغطي القدرة القصوى لتحمل الخازوق المختبر . وإمكان تقدير تلك القدرة بالنسبة لباقي الخوازيق بالموقع فيلزم إما عمل دراسة تفصيلية دقيقة لكامل الموقع لبيان مدى تماثل أو اختلاف خواص التربة على امتداد الموقع .

واستخدام نتائج هذه الدراسة لاستنتاج قدرة التحمل لباقي الخوازيق . أما إجراء عدة تجارب تحمل على عدد كاف من الخوازيق تغطي كامل الموقع والاستعانة بإحدى الطرق الإحصائية في تقدير التحمل للخوازيق الأخرى .

يجب تسجيل البيانات الحقلية الخاصة بتنفيذ جميع الخوازيق . في حالة خوازيق الإزاحة ترصد باستمرار مقاومة الاختراق التي تصادفها الخوازيق أثناء إنزالها داخل الأرض . وفي حالة خوازيق الثقيب تلاحظ عينات التربة المستخرجة أثناء الثقيب مع مقارنتها بأبحاث التربة السابق إجرائها للموقع . ويتم دراسة هذه البيانات الحقلية على ضوء تقارير أبحاث التربة التي تم بناء عليها تصميم الأساسات . كما يجب مقارنة هذه البيانات مع بعضها البعض وذلك للتأكد من تجانس تربة الموقع جميعه ومطابقته مع أبحاث التربة . وفي حالة ظهور تفاوت في هذه البيانات يلزم إجراء مزيد من الدراسة على الجزء أو الأجزاء المتباينة الخصائص وإجراء تعديل على تصميم الأساسات إذا لزم الأمر بما يكفل تلاف الأخطار التي قد تحدث عن هذا التلوث .

وعادة يمكن للمختص - عن طريق عمل مقارنة بين نتائج تجارب التحميل مع بيانات عملية دق الخوازيق مع بيانات التربة - الوصول إلى تقدير مقبول لقدرة تحمل الخوازيق .

وفي حالة المنشآت العادية يتم عادة اختيار نوع الخوازيق وتحديد أطوالها الأولية لإعداد المقاييس التقديرية للتكاليف أثناء مرحلة التصميم بحساب قدرة تحمل الخوازيق من نتائج اختبارات خواص للتربة للموقع وتطبيق إحدى الصيغ النظرية الإستاتيكية .

وفي جميع أعمال تنفيذ خوازيق الدق تجرى أولاً اختبارات دق بالموقع لعدد مناسب يوزع على كافة الموقع . ثم تقرر الحاجة لإجراء المزيد من الاختبارات الحقلية حسب الحالة . ففي حالة المشروعات الكبيرة التي لا تتوفر معلومات كافية عن سابقة أعمال حولها فيجب إجراء اختبارات تحمل على خوازيق اختبار قبل البدء في التنفيذ . والتي يستخلص منها قدرة التحميل . أما



معادلة رقم (٤)

$$T_{ult} = C_a \cdot 2 \pi RL + P$$

ويكون حمل الشد المسموح به :

معادلة رقم (٥)

$$T_{all} = \frac{C_a \cdot 2 \pi RL}{F.S} + P$$

حيث :

$F.S$  = معامل أمان ويؤخذ يساوى (٣) .

$P$  = وزن الحازوق .

$T_{ult}$  = أقصى حمل سالب ( حمل شد ) يتحملة الحازوق .

والصيغة المذكورة عالية تطبيق بصرف النظر عن موضع مستوى الماء الأرضى لكن لا يجوز استخدامها في حالة حوازيق الارتكاز في طبقات طينية مشققة "Fissured clay strata" حيث يجب تعديل عمق الحازوق النظرى بإلغاء الأجزاء المعرضة للتشققات "Tension cracks & fissures"

يلاحظ أن القيمة القصوى لحمل حازوق الشد  $T_{ult}$  تتأثر بوزن كتلة التربة المحيطة بالحازوق التي تعمل ضد استخراجها من الأرض . كما أنه في حالة وجود قوى شد متواصلة "Sustained pullout" فإن احتمال تحرك الحوازيق تدريجياً إلى أعلى قبل تولد الجهود القصوى للالتصاق يقلل من القيمة المسموح بها لحمل حازوق الشد  $T_{all}$  .

وعموماً يمكن تحديد قيمة كل من  $C$  و  $C_a$  من اختبارات تجري على نماذج بالحجم الطبيعي للحوازيق ولكن عادة تقدر أو تستنتج قيمتها من الاختبارات العملية على عينات من التربة أو الاختبارات الحقلية .

ويمكن استنتاج قيمة متوسط تماسك التربة «  $C$  » بواسطة اختبار الجس العميق باستخدام إحدى الأنواع المناسبة مثل مجس المخروط الهولندى أو الجس الاستاتيكي ..

وعموماً عند إجراء اختبارات الاختراق يجب أن تكون مصحوبة دائماً بعملية تنقيب مع استخلاص عينات من طبقات التربة لإمكان تحديد نوع التربة . ومن ثم تحليل نتائج اختبارات الاختراق على أساسها . ومن المفضل دائماً مراجعة قدرة التحمل القصوى المستنتجة بهذه الوسيلة بإجراء اختبارات تحميل على بعض الحوازيق للتأكد منها .

وفي حالة التربة الطينية ضعيفة التماسك وضعيفة التماسك جداً يفضل استخدام اختبار القص المروحي لتقدير قيمة التماسك  $C$  للتربة .

كما يجب مراعاة النقاط التالية عند تقدير قيمة جهود الالتصاق :

وتمثل هذه المعادلة الصيغة الأساسية لحساب قدرة تحمل الحوازيق نظرياً .

ثالثاً : التربة الطينية الصرفة :

تأخذ الصيغة الأساسية المبينة بالبند ثانياً عدة صور منها في حالة الحوازيق المستديرة المقطع الشكل التالى :

معادلة رقم (٣)

$$Q_{ult} = C N_c \pi R^2 + C_a \cdot 2 \pi RL$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{F.S}$$

حيث :

$F.S$  = معامل أمان يساوى ٣ في حالة الأحمال الاعتيادية

( الحمل الميت والحي ) ، ٢,٥ في حالة أخذ الأحمال

غير المستديرة مثل ضغط الرياح في الاعتبار ، ٢ في

حالة أخذ تأثير الزلازل أيضاً في الاعتبار .

$L$  = طول الحازوق .

$R$  = نصف قطر الحازوق .

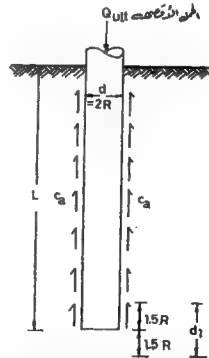
$C$  = متوسط تماسك التربة حول الطرف السفلى للحازوق

في المسافة ( $d_f$ ) .

$C_a$  = متوسط التصاق التربة على سطح الحازوق .

$N_c$  = معامل قدرة التحميل وقيمته عادة تساوى ٩ .

كذلك في حالة حوازيق الشد .



شكل مبين طريقة تحمل الزخم في تربة طينية صرفة ( $\phi = 0$ ) كذلك في تربة طينية رطبة

اتصال مباشر بالتربة وقد تمتص التربة جزءاً من مياه الخرسانة مما قد يقلل من قيمة جهود الالتصاق  $C_p$  الفعلية ويتوقف تأثيرها على عدة عوامل منها مقدار تشرب التربة للمياه أثناء عملية صب الخازوق . وعلى نوع نفسها . وعلى الفترة الزمنية التي مرت على إنشاء الخوازيق .

( ب ) في حالة استخدام نفثات المياه water jets لدفع الخوازيق بالتربة تهمل جهود الالتصاق تماماً حتى الأعماق التي رويتها نفثات المياه .

( ج ) في حالة التربة العادية يجوز استخدام الجدول التالي لتقدير قيمة التصاق التربة وفي حالة خوازيق الإزاحة على ضوء قيمة تماسك التربة أما في حالة خوازيق التثبيت فيمكن اعتبار قيمة  $C_p$  تتراوح بين ٠,٣ - ٠,٤ من متوسط قيمة  $C$  بشرط ألا تزيد قيمة  $C_p$  عن ١٠٠ كيلو نيوتن/م<sup>٢</sup> (كجم/سم<sup>٢</sup>) .

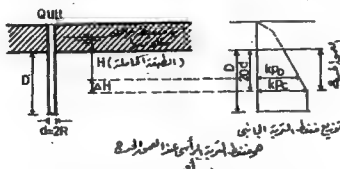
( أ ) نظراً لما تحدثه عملية دق الخوازيق من إعادة لتشكيل الهيكل البنائي للجزئيات المكونة للتربة الطينية في المناطق الواقعة حول الخازوق فإن قيمة التلاصق  $C_p$  بين جذع الخازوق والتربة تقل تبعاً لذلك ويتوقف مقدار تأثيرها على مادة الخازوق ونوع التربة وعلى الفترة الزمنية عقب عملية دق الخوازيق . ففى التربة الطينية ضعيفة التماسك والتربة ذات الحساسية sensitive clays تقل قدرة الالتصاق . ثم تعود وتزايد مع الوقت في حالة الخوازيق الخشبية والخرسانية . أما مع الخوازيق الصلب فإن تزايدها يكون بمعدل أبطأ وبمقادير أقل . وفي التربة الطينية المتناسكة وشديدة التماسك فقد لا تزايد  $C_p$  ثانية مع الوقت حتى في بعض الأحوال التي تستعيد فيها التربة بعضاً من قوة تماسكها .

بالنسبة لخوازيق التثبيت التي تصب خرسانتها في الموقع في

جدول يبين القيم المناسبة للالتصاق في حالة خوازيق الإزاحة المنشأة في تربة طينية صرفة

| نوع الخازوق   | قوام التربة       | "C" تماسك $\text{KN/cm}^2$ | " $C_p$ " إجهاد الالتصاق الأقصى $\text{KN/cm}^2$ |
|---------------|-------------------|----------------------------|--|
| خشب أو خرسانة | ضعيف التماسك جداً | صفر - ١٢,٥                 | صفر - ١٢,٥                                       |
|               | ضعيف التماسك      | ١٢,٥ - ٢٥                  | ١٢,٥ - ٢٤  |
|               | متوسط التماسك     | ٢٥ - ٥٠                    | ٢٤ - ٣٧,٥  |
|               | متناسك            | ٥٠ - ١٠٠                   | ٣٧,٥ - ٤٧,٥                                      |
| صلب           | شديد التماسك      | ١٠٠ - ٢٠٠                  | ٤٧,٥ - ٦٥  |
|               | ضعيف التماسك جداً | صفر - ١٢,٥                 | صفر - ١٢,٥                                       |
|               | ضعيف التماسك      | ١٢,٥ - ٢٥                  | ١٢,٥ - ٢٣  |
|               | متوسط التماسك     | ٢٥ - ٥٠                    | ٢٣ - ٣٥  |
|               | متناسك            | ٥٠ - ١٠٠                   | ٣٥ - ٣٦  |
|               | شديد التماسك      | ١٠٠ - ٢٠٠                  | ٣٦ - ٣٧,٥  |

• القيم الصخرى والعليا لإجهاد الالتصاق " $C_p$ " تناظر القيم الصخرى والعليا لإجهاد التماسك " $C_p$ "



شكل يبيّن قوة ضغط التربة الجانبي عند العمق  $H$

•  $P_c$  هو ضغط التربة الرأسى عند العمق الحرج

$$K_{HT} \text{ أو } K_{HC} = K$$

رابعاً : التربة غير متساكنة الحبيبات :

تأخذ الصيغة الأساسية المبينة بالبند ثانياً عدة صور منها في حالة الخوازيق المستديرة المقطع كما في الشكل السابق :

$$Q_{ult} = P_0 N_q \pi R^2 + \sum_{H=0}^{H=D} K_{HC} P_0 \tan \delta \cdot 2 \pi R \cdot \Delta H \quad \text{(معادلة رقم ٦)}$$

كذلك في حالة خوازيق الشد يكون :

$$T_{ult} = \sum_{H=0}^{H=D} K_{HT} P_0 \tan \delta \cdot 2 \pi R \cdot \Delta H \quad \text{(معادلة رقم ٧)}$$

حيث :

$P_0$  = الضغط الرأسى الفعال عند منسوب نقطة ارتكاز الخازوق .

$N_q$  = معامل قدرة تحمل التربة ( كما في الجدول التالى أ ) .

$K_{HC} \cdot K_{HT}$  = النسبة بين الضغوط الأفقية إلى الرأسية الفعالة على جوانب الخازوق في حالتي الضغط والشد على الترتيب .  
( كما في الجدول التالى ب ) .

$P_0$  = الضغط الرأسى الفعال على الطول المدفون من الخازوق داخل التربة غير المتساكنة .

$\delta$  = زاوية الاحتكاك بين الخازوق والتربة ( كما في الجدول التالى ج )

$P$  = وزن الخازوق .

جدول ( أ ) يبين العلاقة بين معامل قدرة التحميل ( $N_q$ ) وقيم زاوية الاحتكاك الداخلى ( $\Phi$ ) لتربة غير متساكنة الحبيبات

|     |    |    |    |                                 |
|-----|----|----|----|---------------------------------|
| ٤٠  | ٣٥ | ٣٠ | ٢٥ | $\Phi$ بالدرجات قبل التنفيذ     |
| ١٥٠ | ٧٥ | ٣٠ | ١٥ | خوازيق الإزاحة $N_q$            |
| ٧٥  | ٣٧ | ١٥ | ٦  | خوازيق التثبيت الاعتيادية $N_q$ |

جدول ( ب ) يبين قيم المعاملات ( $K_{HC}$ ) ، ( $K_{HT}$ )

| $K_{HT}$  | $K_{HC}$  | نوع الخازوق                                 |
|-----------|-----------|---|
| ٠,٥ - ٠,٣ | ١,٠ - ٠,٥ | خازوق ذو قطاع H                             |
| ١,٠ - ٠,٦ | ١,٥ - ١,٠ | خازوق لإزاحة                                |
| ١,٣ - ١,٠ | ٢,٠ - ١,٥ | خازوق لإزاحة متغير القطاع                   |
| ٠,٦ - ٠,٣ | ٠,٩ - ٠,٤ | خازوق لإزاحة باستخدام التفالطات             |
| ٠,٤       | ٠,٧       | خازوق تثبيت اعتيادى ( قطر أقل من ٠,٦٠ متر ) |

## جدول ( ج ) يبين قيم زاوية الاحتكاك بين التربة وجسم الخازوق ( ٤ )

| نوع الخازوق | ٤ درجة                 |
|-------------|------------------------|
| حديد        | ٢٠                     |
| خرسانة      | ٣<br>—<br>٤ ( $\Phi$ ) |
| خشب         | ٣ ( $\Phi$ )           |

❖ زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة .

يكون الحمل الأقصى للخازوق مساوياً لمجموع جهود المقاومة التي ستبدى كل من الطبقات الحاملة للخازوق باستثناء الطبقات الضعيفة التي ستضاغط وستلاشي مقاومتها لإزاء حركة جذع الخازوق أو سيتولد عنها إجهادات قص سالبة على جذع الخازوق .

وللحصول على معلومات إضافية في حالة اختراق الخازوق لطبقات متباعدة ويستقر طرفه في طبقة ذات حبيبات غير متاسكة (granular)

سادساً : حساب قدرة تحمل الخازوق من بيانات الدق :  
تحسب قدرة تحمل الخازوق من بيانات الدق بإحدى الطرق التالية إما باستخدام الصيغ الديناميكية أو عن طريق تطبيق المعادلة الموجبة .

١ - الصيغ الديناميكية الخاصة بالخوازيق المنشأة بالدق :  
هذه طريقة تقريبية لحساب قدرة تحمل الخوازيق المنشأة بالدق في التربة غير متاسكة الحبيبات مثل الرمال والحصى والزلط . ولا يجوز الاعتماد عليها وحدها في تحديد الحمل التصميمي للخوازيق دون مضاهاتها مع نتائج اختبارات تربة الموقع واختبارات التحميل أو الحرية المحلية كما سبق وأوردنا من قبل .

أما في حالة التربة متاسكة الحبيبات مثل الطينية أو الطباشيرية أو الجصية (  $\bullet$  marl ) أو في حالة التربة الطينية المشبعة بالمياه فإنه لا يجوز استخدام هذه الطريقة معها . كذلك يجب الحذر عند تطبيق هذه الصيغ في حالات التربة التي تظهر مقاومتها أقل لاختراق الخازوق عند إعادة الدق عليه بعد فترة توقف حوالى ساعتين .

❖ (marl) عبارة عن حجير جبرى في مرحلة التكوين قابل للمجن والتشكيل .

ومعلوم أن جميع الصيغ الديناميكية على تمدها تعتمد على أساسين كلامياً تقريبى :

أ ) أن قدرة التحمل الإستاتيكية القصوى للخازوق تساوى مقاومة التربة الديناميكية لاختراق الخازوق .

ب ) وأن مقاومة التربة الديناميكية لاختراق الخازوق يمكن حسابها من الطاقة الكينماتيكية لمطرقة الدق ومقدار غر الخازوق في التربة « Refusal » .

وتتوزع الصيغ الديناميكية للخوازيق وفقاً للفروض الموضوع لكل منها في تقدير نسبة الفاقد في طاقة المطرقة التي تحدث الانفعالات المرنة في التربة والخازوق والسادة .. إلخ وموجات الاهتزاز بالخازوق وما إلى ذلك أبان عملية دق الخوازيق .

ولقد أثبتت نتائج الأبحاث وتجارب التحميل بالموقع أن كلاً من مقاومة ارتكاز الخازوق والاحتكاك الجانبى يزيدان مع زيادة الضغط الرأسى حتى عمق داخل الطبقة الحاملة يطلق عليه العمق الحرج كما في الشكل السابق وتوقف قيمة هذا العمق الحرج على الكثافة النسبية للتربة غير المتاسكة ومنسوب المياه الجوفية وتتراوح قيمته بين ١٠ إلى ٤٠ قطر الخازوق . وفي حالة زيادة طول الخازوق المدفون في التربة غير المتاسكة عن العمق الحرج فإن الزيادة في مقاومة الارتكاز تكون صغيرة جداً في حين تتناسب الزيادة في محصلة الاحتكاك الجانبى مع المساحة الجانبية للخازوق . ومن ثم فإنه عند حساب قدرة التحميل لخوازيق مدفونة داخل الطبقة الحاملة لمسافات كبيرة فإنه يجب ألا يتجاوز العمق الحرج أكثر من ٢٠ مثل قطر الخازوق عند تقدير أى من  $(P_u)$  و  $(Q_u)$  كما هو موضح بالشكل السابق .

ونظراً لحساسية قيم المعامل  $(N_q)$  لقيمة زاوية الاحتكاك الداخلى للتربة . والتي غالباً ما تتغير بالنقص أو بالزيادة وفقاً لنوع ونظام تنفيذ الخوازيق في الطينة . فيجب الحرص الشديد عند اختيار القيمة التصميمية لهذه الزاوية .

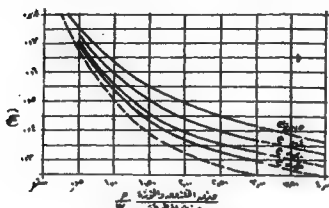
وبرأى عند استخدام خوازيق الإزاحة مع استعمال الفئات ألا تزيد القيمة التصميمية لزاوية الاحتكاك الداخلى عن (  $28^\circ$  ) عند تحديد قيمة  $(N_q)$  .

ومن الجدير بالذكر أن طريقة التصميم المذكورة أعلاه يمكن استخدامها لخوازيق لا يزيد قطرها عن ٦٠٠ ملمتر . أما الخوازيق ذات الأقطار الأكبر فإن تصميمها يتحدد أساساً على مقدار الهبوط والذى يمكن تقدير قيمته بحوالى نصف مقدار الهبوط الذى يحدث لقاعدة مكافئة تتركز على سطح تربة مشابهة للتربة الموجودة عند قاعدة ارتكاز الخازوق .

خامساً : التربة المكونة من طبقات متباعدة مصددة .

حساب طاقة الدق بطريقة مغايرة لوزن وارتفاع المطرقة يجب تقديم الحسابات الدالة على قيمة الطاقة الفعلية للدقة .

$\eta$  = كفاءة الدق وتعتمد على « e » والنسبة  $p/w$  كما في الجدول التالي ( ب ) وكما في الشكل التالي :



على سبيل كمثال، لندرس على (e) ونسبة (p/w)

حيث :

- e = معامل الارتداد .... كما في الجدول التالي ( ب ) .
- P = وزن الحازوق بالإضافة إلى وزن الحوذة أو طربوش الدق والوسادة والحشو .
- S = مقدر اختراق الحازوق لكل دقة بالمليمتر .
- C = مجموع الانضغاط المؤقت  $(C_c + C_p + C_q)$  بالمليمتر .

حيث :

- $C_c$  = الانضغاط المؤقت للوسادة والحشو أو رأس الحازوق الحشوي بالمليمتر (كما في الشكل التالي أ)
- $C_p$  = الانضغاط المؤقت للحازوق بالمليمتر .

- (١) حازوق خرسانة ... كما في الشكل التالي ب
- (٢) حازوق حديد ... كما في الشكل التالي جـ .
- (٣) حازوق خشب ... كما في الشكل التالي د .

الانضغاط المؤقت للقرية بالمليمتر كما في الشكل التالي هـ .

ويمكن حساب حمل التشغيل الأقصى للحازوق  $R_w$  كما يلي :

معادلة رقم ٩

$$R_w = \frac{R_u}{F}$$

حيث « F » هو معامل الأمان ويؤخذ مساوياً (١,٥) في الصخر . وفي حالة التربة الرملية والزلطية يتراوح ( من ٢ إلى ٣ ) حسب الوثائق في قيم معاملات الانضغاط  $C_p$  ،  $C_q$  من تجارب الاختراق بالموقع باستعمال نفس الشاكوش ونفس

وقد أظهر التحليل الإحصائي أنه لا توجد صيغة ديناميكية تعطي نتائج موثوق بها تماماً وأنه في أحسن ظروف التطبيق عندما تكون الحوازيق مركزة داخل طبقات من الرمال أو الرلط أو الحصى أو ما شاكل ذلك من الحبيبات غير المتساكة فإن الاستخدام الأمثل للصيغ الديناميكية يعطى قيماً محسوبة تتراوح بين ٤٠٪ ، ١٣٠٪ من قدرة التحمل العظمى التي تعطيها اختبارات التحميل . ونورد فيما على إحدى الصيغ الشائع استخدامها في مصر وهي صيغة هايلي Hiley formula وتعتبر الصيغة الأعم حيث تعتمد على القوانين التي تحكم الاصطدام بالأجسام المرنة ، وتستخدم هذه الصيغة فقط لحوازيق الدق المرتكزة في الرمل أو الرلط أو الصخر ولا تستخدم في الحوازيق المرتكزة في التربة الطينية أو الطمعية . كما لا يوصى باستخدام هذه الصيغة في حالة حوازيق الإزاحة التي يتم دفعها بالدق على كعب الحازوق .

ويمكن تأكيد صلاحية استخدام صيغة هايلي لتكوين جيولوجي معين بإعادة الدق على حازوق الإزاحة بعد فترة سكون ومقارنة مقدار الميوط المناظرة لدقة واحدة sec قبل وبعد إعادة الدق . وعموماً فإذا كان الميوط بعد إعادة الدق يختلف عنه في مرحلة الدق الأولى فإن ذلك يحير مؤشراً لعدم الاطمئنان لاستعمال هذه الصيغة كما يلي :

( أ ) إذا كان الميوط بعد إعادة الدق أكبر فيجب عدم استخدام هذه الصيغة تحت ظروف الموقع ونوع الحازوق المستخدم .

( ب ) إذا كان الميوط بعد إعادة الدق استمر فإن هذه الصيغة تعطي قيماً قد تكون بالغة التحفظ ويعبر عن هذه الصيغة كما يلي :

معادلة رقم (A)

$$R_u = \frac{W.H.\eta}{C + \frac{S}{2}}$$

حيث :

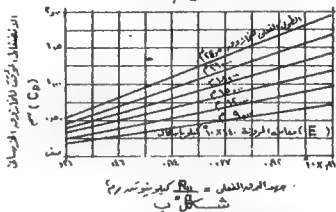
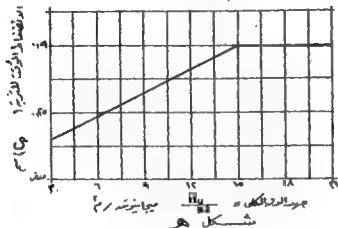
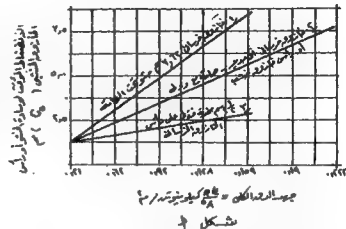
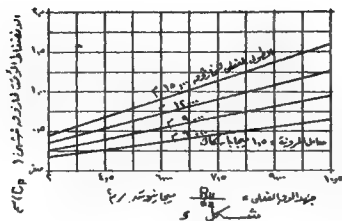
- $R_u$  = أقصى مقاومة للدق بالكيلونيوتن .
- $w$  = وزن المطرقة ram وهي الجزء المتحرك من الشاكوش بالكيلونيوتن .
- $H$  = الارتفاع المؤثر لسقوط المطرقة بالمليمتر ومساوى =  $h \times$  الارتفاع الحقيقي لسقوط المطرقة .

حيث :

- $K$  = معامل يعتمد على نوع الشاكوش كما في الجدول التالي ( أ ) .
- $w.h$  = تمثل الطاقة المؤثرة عن الدقة الواحدة . وفي حالة

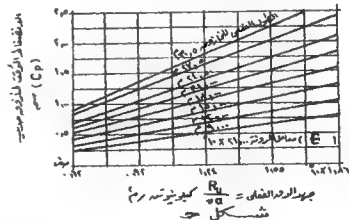
الماسورة والكعب المستعملين في دق الجوازيق .

كما تستخدم الصيغة المذكورة عالية في أغلب الأحيان في تحديد مقاومة الاحتراق (set = s) المطلوبة لحمل التشغيل .



جدول (أ) بين معامل الشاكوش (K)

| K   | نوع الشاكوش  |
|-----|--|
| ٠,٨ | شاكوش ساقط يعمل بالونش                             |
| ٠,٩ | شاكوش أحادي التشغيل يعمل بالهواء المضغوط أو البخار |
| ١,٠ | شاكوش ثنائي التشغيل يعمل بالهواء المضغوط أو البخار |
| ١,٠ | شاكوش ديزل (وزن المطرقة فقط)                       |



جدول (ب) بين قيم معامل الارتداد «e»

| نوع الخازوق               | نوع غطاء رأس الخازوق أثناء الدق  | أحادي التشغيل<br>مطرقة ديزل أو<br>مطرقة حرة | ثنائي التشغيل |
|---------------------------|--|---|---------------|
| خازوق خرساني<br>سابق الصب | (أ) خوذة helmet ذات وسادة dolly<br>من البلاستيك أو خشب Green heart<br>مع استخدام حشو على رأس الخازوق . | ٠,٤   | ٠,٥           |

| نوع الحازوق | نوع غطاء رأس الحازوق أثناء الدق  | أحادي التشغيل<br>مطرقة ديزل أو<br>مطرقة حرة | ثنائي التشغيل     |
|-------------|--|---|-------------------|
|             | ب) خوخة ذات وسادة من خشب صلد وحشو على رأس الحازوق .<br>ج) الدق مباشرة على الحازوق باستخدام وسادة فقط.  | ٠,٢٥<br>—                                   | ٠,٤<br>٠,٥        |
| حازوق حديدى | أ) طربوش دق driving cap ذو وسادة dolly من البلاستيك أو خشب Green heart مع استخدام حشو على رأس الحازوق .<br>ب) طربوش دق مع استخدام وسادة من خشب صلد وحشو على رأس الحازوق .<br>ج) الدق مباشرة على الحازوق باستخدام وسادة فقط . | ٠,٥<br>٠,٣<br>—                             | ٠,٥<br>٠,٣<br>٠,٥ |
| حازوق خشبى  | الدق مباشرة على الحازوق  | ٠,٢٥  | ٠,٤               |

متصلة على التوازي مع بعضها وعلى التوالى مع جذع الحازوق .  
ويم حل المعادلة التفاضلية من الدرجة الثانية عن طريق الحاسب  
الآلى باستخدام إحدى الطرق العددية مثل العناصر المحددة  
Finite elements أو الفروق المحددة Finite differences .

وتعتبر المعادلة الموجية أحسن الطرق الديناميكية ومن أدق  
الطرق المستخدمة في تحليل خوازيق الدق حيث تستعمل في  
تحديد القدرة القصوى لتحمل خوازيق الدق وكذلك في تقدير  
قيمة احتراق خوازيق الدق للتربة أثناء التنفيذ see والناتج عن  
دقة واحدة للشاكوش وبالتالي فإنه عن طريق عدة قراءات  
للاحتراق مع قدرة التحمل القصوى المناظرة يمكن رسم ما  
يسمى بمنحنى قدرة التحمل . بالإضافة إلى ذلك فإن المعادلة  
الموجية تستخدم بنجاح وبدقة في تقدير قيم الإجهادات المتولدة  
في الأجزاء المختلفة من جسم الحازوق أثناء الدق وبالتالي يمكن  
تحديد قيم إجهادات الضغط والشد القصوى بدقة بما في ذلك  
المكان الذى يتعرض لأقصى إجهادات بالإضافة إلى وقت  
حدوثها منذ الدق على رأس الحازوق .

كذلك فإن استخدام المعادلة الموجية يعطى القدرة  
على الحكم على تلائم مجموعة الدق مع الحازوق المتخذ في نوعية  
معينة من التربة . كما يمكن عن طريق هذه المجموعة الوصول  
إلى الإجهاد والضغط

الشكل التالى رسم توضيحي يبين مساحة مقطع الحازوق الكلية (A) والمساحة الفعلية لمقطع مادة الحازوق (a)

| حازوق<br>مطبق<br>تطابق<br>مضروب                         | حازوق<br>مطبق<br>تطابق<br>(H) | حازوق<br>مطبق<br>تطابق<br>(H) | حازوق<br>مطبق<br>تطابق<br>(H) | حازوق<br>مطبق<br>تطابق<br>(H) | حازوق<br>مطبق<br>تطابق<br>(H) |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| مساحة قطاع<br>الحازوق الكلية<br>Overall area            | A                             |                               |                               |                               |                               |
| المساحة الفعلية<br>لمقطع مادة<br>الحازوق<br>Actual area | a                             |                               |                               |                               |                               |

رسم توضيحي يبين مساحة مقطع الحازوق الكلية (A) والمساحة الفعلية  
لمقطع مادة الحازوق (a)

انظر الأشكال ١، ب، ج، د، هـ، السابقة  
٢ - المعادلة الموجية لتحليل بيانات دق الحوازيق :

تحدد المعادلة الموجية على تحليل انتقال الموجات الطولية في  
الحازوق أثناء الدق حيث يتم تقسيم كل من مجموعة الدق  
( الشاكوش - الهامة - الوسادة ... إلخ ) والحازوق إلى  
مجموعة من الكتل الجاسئة والزئيركات متصلة مع بعضها على  
التوالى كما يتم عمل نموذج للتربة من الزئيركات Dash pots

التاليتين لتقدير حمل التشغيل .

معادلة رقم (١١)

for  $R \leq 0.25$  m.

$$Q_{all} = 45 (\pi R^2) + (\bar{N}/3) (2 \pi RL) \dots KN$$

معادلة رقم (١٢)

for  $0.25 \leq R < 0.5$  m

$$Q_{all} = 90 (Nd) \cdot (\pi R^2) + (2/3) (\bar{N} d) \cdot (2 \pi RL)$$

حيث :

$d$  = قطر الخازوق بالتر .

ونظراً للأخطاء الكثيرة التي تصاحب إجراء اختبار الاختراق القياسي في الطبيعة فيجب اعتبار القيم المحسوبة من هذه المعادلة قيمة تقريبية .

## ٢ - اختبار الخروط الإستاتيكي :

يتميز هذا الاختبار بعدم وجود العيوب المصاحبة لاختبار الاختراق القياسي إلا أنه يجب مراعاة أن نتائج الخروط الإستاتيكي لا تعتبر دقيقة في حالة التربة الرملية الكثيفة جداً أو الطبقات الرملية المحتوية على نسبة من الزلط . ويمكن تقدير قدرة تحميل خازوق لإزاحة مركّز في رمل سائب إلى كثيف أو طمي غير لدن باستخدام نتائج الخروط الإستاتيكي طبقاً للعلاقة التالية :

معادلة (١٣) :

$$Q_{all} = \frac{1}{3} \cdot q_c (\pi R^2) + \frac{1}{2} F_c (2 \pi RL) \dots (KN)$$

حيث :

$Q_{all}$  = حمل تشغيل الخازوق ( كيلونيوتن ) ويتضمن معامل أمان قدره ٣ بالنسبة لمقاومة ارتكاز الخازوق : وقدره ٢ بالنسبة لمقاومة الاحتكاك .

$q_c$  = المقاومة المتوسطة لاختراق الخروط الإستاتيكي في مسافة ٦ مرات قطر الخازوق أعلى منسوب الارتكاز و ٣ مرات هذا القطر أسفل منسوب الارتكاز .

$F_c$  = القيمة المتوسطة للاحتكاك الجانبي بطول الخازوق المقاسة باستخدام الخروط الإستاتيكي بحيث لا تزيد عن ( ٥٠ كيلونيوتن / م ) ( ٥٠ كجم / سم ) في حالة خوازيق التثبيت المنفذة بطريقة الحفر العادية يجب تقليل القيم المحسوبة من المعادلة المذكورة أعلاه إلى النصف .

## ٣ - اختبار مقياس الضغط $Pneumometer$ Test :

يمكن استخدام نتائج اختبار مقياس الضغط لتقدير قدرة تحميل الخوازيق . والطريقة المعطاة هنا يمكن استخدامها في حالة إجراء التجربة بجهاز « مينارد » والذي يتم فيه إززال الجزء

إلى قدرة التحمل المطلوبة أم أن ذلك يحتاج إلى تغير خواص معدات الدق .

وجدير بالذكر أنه يوجد أكثر من برنامج جاهز على الحاسب الآلي لاستخدام المعادلة الموجية يختلف برنامج إلى آخر في إدخال تفاصيل أكثر بالنسبة لمعدات الدق مثلاً وكفاءة كل من مكوناتها . وفي الآونة الأخيرة فقد أمكن التوصل إلى نماذج محسنة للتربة للاستخدام في المعادلة الموجية بحيث تكون أكثر تعبيراً عن الخواص الطبيعية والمحسوسة للتربة . حيث كان هذا من العيوب الأساسية الموجودة سابقاً .

## صاحباً : استخدام نتائج التجارب الحلقية :

يرجع إلى الاشتراطات العامة للأساسات بدراسة الموقع الجزء الأول فيما يخص التجارب الحلقية من حيث الأجهزة المستخدمة وخطوات إجراء التجارب ومن هذه الطرق اختبار الاختراق القياسي واختبار الخروط الإستاتيكي واختبار مقياس الضغط وتعتبر جميع هذه الطرق تقريبية ويتحتم التحقق منها بإجراء تجارب تحميل في الموقع على بعض الخوازيق .

١ - اختبار الاختراق القياسي : **Standard Penetration Test (S.P.T)** يمكن تقدير قدرة تحميل خازوق لإزاحة ( حمل التشغيل ) مركّز في تربة غير متساكة الحبيبات باستخدام نتائج تجربة الاختراق القياسي طبقاً للعلاقة التالية :

$$Q_{all} = 90 N (\pi R^2) + \bar{N} (2 \pi RL) \dots KN \quad [ \text{معادلة رقم ١٠} ]$$

حيث :

$Q_{all}$  = حمل تشغيل الخازوق ( كيلونيوتن ) ويتضمن معامل أمان قدره ( ٢,٥ ) بالنسبة لمقاومة الاحتكاك .

$N$  = القيمة المتوسطة لعدد الدقات في تجربة الاختراق القياسي في طبقة التربة المؤثرة على حمل الارتكاز والممتد لمسافة ( 2R ) أسفل قاعدة الخازوق ( 6R ) أعلى نقطة الارتكاز .

$\bar{N}$  = متوسط عدد الدقات في تجربة الاختراق القياسي على طول الخازوق داخل الطبقة أو الطبقات غير المتساكة الحبيبات .

$R$  = نصف قطر الخازوق بالتر .

$L$  = طول اختراق الخازوق للطبقة غير متساكة الحبيبات .

أما خوازيق الإزاحة للمسبوبة ذات القطاع المنحرف tapered piles بمعدل أكبر من ١٪ فيمكن زيادة الاحتكاك الجانبي إلى مرة ونصف الملاحظة بالعلاقة السابقة .

وفي حالة خوازيق التثبيت العادية التي لا يستخدم فيها ضغ الخرسانة بكامل الطول أو الحقن بالمونة يمكن استخدام المعادلتين



$p_{13}^* =$  الضغط الأقصى الصافي أسفل منسوب التأسيس بمسافة قدرها عرض الأساس .

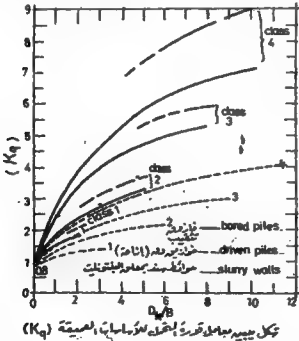
مع الأخذ في الاعتبار أن  $p_{13}^* - p_{11}^* - p_{01}$  حيث :

$p_{01}$  = قيمة الضغط الأقصى الابتدائي الكلي المقاس عند منسوب « i » .

في حالة التربة المتجانسة يؤخذ عمق التأسيس من الأبعاد الهندسية الخاصة بالأساس مباشرة . أما في حالة التربة غير المتجانسة حيث تتغير مقاومة التربة مع العمق . فإنه يجب استخدام عمق مكافئ للأساس  $D_{10}$  يعرف كالآتي :

$$D_{10} = \frac{1}{p_{10}^*} \int_0^{D_{10}} p \cdot z \cdot dz$$

ولتحديد قيمة المعامل  $k_q$  يتم تصنيف التربة طبقاً لنوعها وقيمة الضغط الأقصى المقاس إلى إحدى المجموعات الأربعة الموضحة في الجدول التالي . ومن ثم يمكن استخدام الشكل التالي لتحديد قيمة هذا المعامل طبقاً لنوع الخازوق المستخدم .



شكل بياني يبين العلاقة بين  $K_q$  و  $D_q/B$  لمختلف أنواع التربة

الحساس من الجهاز Probe داخل حفرة حجمها الابتدائي «  $V_0$  » ويتم رفع الضغط على مراحل حتى يتضاعف حجم الحفرة عند ضغط أقصى  $(p_1)$  limit pressure انظر Baguelin, et al 1978 ويمكن تقدير مقاومة الارتكاز القصوى لخازوق طبقاً للعلاقة التالية :

معادلة رقم (١٤)

$$q_f - q_0 = k_q (p_1 - p_0)$$

حيث :

$q_f$  = مقاومة الارتكاز القصوى عند طرف ارتكاز الخازوق .

$q_0$  = ضغط السبء الكلي على التربة total overburden pressure عند نقطة الارتكاز .

$p_1$  = الضغط الأقصى limit pressure المقاس عند منسوب نقطة الارتكاز في حالة التربة المتجانسة .

$p_0$  = الضغط الأقصى الابتدائي الكلي المقاس عند منسوب نقطة الارتكاز .

$k_q$  = معامل مقاومة الارتكاز وهو دالة في نوع التربة والأبعاد الهندسية للخازوق ( طوله وقطره ) ونوع الخازوق .

وللحصول على مقاومة الارتكاز الآمنة فإنه يمكن استخدام معامل أمان قيمته (٣) للجزء  $(p_1 - p_0)$  في العلاقة المذكورة . وفي حالة ارتكاز الأساس على تربة غير متجانسة حيث تتغير مقاومتها مع العمق فيجب استخدام قيمة مكافئة للضغط الأقصى الصافي في المعادلة السابقة .

ويمكن تعريف القيمة المكافئة للضغط الأقصى الصافي كما يلي :

$$p_{10}^* = \sqrt[3]{p_{11}^* \times p_{12}^* \times p_{13}^*}$$

حيث :

$p_{11}^*$  = الضغط الأقصى الصافي المقاس عند منسوب أعلا الأساس بمسافة مساوية لعرض الأساس أو عند سطح الأرض أيها أقرب .

$p_{12}^*$  = الضغط الأقصى الصافي المقاس عند منسوب التأسيس .

جدول يبين تصنيف التربة Soil classification

| الضغط الأقصى الصافي<br>$p_{10}^* = p_1 - p_0 \text{ (kN / m}^2\text{)}$ | نوع التربة Soil Type | صنف<br>class                 |
|---|----------------------|------------------------------|
| صفر - ١٢٠٠  | Soft to firm clay    | ١ طين ضعيف إلى متوسط التماسك |
| صفر - ٧٠٠   | Silts                | طيني                         |
| ١٨٠٠ - ٤٠٠٠   | Stiff clay           | ٢ طين متماسك                 |
| ١٢٠٠ - ٣٠٠٠   | Dense silts          | طيني كثيف                    |

| صنف<br>class | نوع التربة Soil Type  | الضغط الأقصى الصالى<br>$P_{le} = P_1 - P_0 \text{ (kN / m}^2\text{)}$ |
|--------------|---|---|
| ٣            | رمل متآلب<br>Loose sand   | ٨٠٠ - ٤٠٠   |
|              | حجر منخفض المقاومة جداً<br>Very low strength rock               | ٣٠٠٠ - ١٠٠٠   |
|              | رمل وزلط<br>Sand and gravels                                    | ٢٠٠٠ - ١٠٠٠   |
| ٤            | حجر منخفض المقاومة<br>Low strength rock                         | ٦٠٠٠ - ٣٠٠٠   |
|              | خليط من رمل وزلط منخفض الكثافة<br>Low dense sand & gravels      | ٦٠٠٠ - ٣٠٠٠   |
|              | حجر متوسط إلى عالى المقاومة<br>Rocks of medium to high strenght | ١٠٠٠٠ - ٦٠٠٠  |

وتعتمد نتائج اختبار مقياس الضغط إلى حد كبير على درجة جودة تنفيذ الحفرة التي يتم إززال الجزء الحساس من جهاز القياس فيها . ويجب أن يكون استخدام مقياس الضغط وتحليل نتائجه مقصوداً على المتخصصين في ميكانيكا التربة . ويفضل استخدام هذا الجهاز لأنواع التربة التي يصعب استكشافها مثل الرمل والزلط وبعض أنواع الصخور .

وفي بعض الحالات يمكن اللجوء إلى جهاز مقياس الضغط ذى أجهزة الحفر الذاتية Self boring pressuremeter لتقليل تأثير القلفة الناتجة عن الحفر على نتائج الاختبار .

#### ٤ - استخدام اختبارات تحميل الحوازيق :

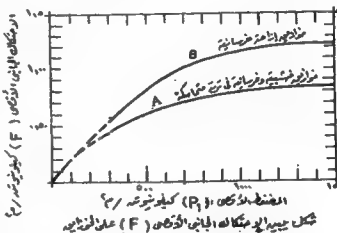
تجرب هذه التجارب المرجع الأساسى لتقييم سلوك الأساسات الحازونية الحازوقية مع تحديد قدرة تحملها .

#### ثامناً : قدرة تحمل مجموعات الحوازيق :

(١) **عموميات :** عند استخدام مجموعة من الحوازيق pile group لتشكيل أساس لحمل معين يستوجب الأمر أن يؤخذ في الاعتبار عند التصميم سلوك كل من مجموعة الحوازيق كمنصر متحد وسلوك الحوازيق كوحدة مستقلة . ومن المعلوم أنه ليس هناك علاقة بسيطة تربط بين سلوك الحازوق المفرد وسلوك مجموعة من الحوازيق من نفس الطراز وفي نفس التربة ذلك لأن تلك العلاقة تعتمد على عوامل عديدة منها مقياس المجموعة وعدد وأحمال الحوازيق التي تتضمنها وطبيعة تربة التأسيس وترتيب طبقاتها ... إلخ .

وتجدر الإشارة إلى أن حجم - وعلى الأخص عمق - المنطقة التي تتلقى جهوداً مؤثرة تحت مجموعة من الحوازيق يتوقف على حجم المجموعة أو على أحمال الحوازيق التي بها وإذا قرنا المنطقة التي تتلقى جهوداً مؤثرة في حالة تحميل حازوق واحد بمثلتها عند تحميل مجموعة من الحوازيق المناظرة ، نجد أن المنطقة المهددة

أما الاحتكاك الجانبى على الحازوق (F) فيمكن تقديره من نتائج اختبار مقياس الضغط طبقاً لقيمة الضغط الأقصى المقاس ( $P_1$ ) ونوع الحازوق باستخدام الشكل التالى . طبقاً للقواعد التالية .



(١) في حالة الأساسات العميقة المنفلة في تربة متساكة يمكن استخدام المنحنى (A) مباشرة للحوازيق الخرسانية والخشبية على أن تؤخذ ٢٥٪ من هذه القيمة في حالة الحوازيق الحديدية .  
(٢) في حالة الأساسات العميقة المنفلة في تربة غير متساكة الحبيبات : يستخدم المنحنى (A) لحوازيق الحفر الخرسانية وحوازيق الإزاحة الحديدية على أن يؤخذ ٥٠٪ من هذه القيمة في حالة حوازيق الحفر الحديدية .

يستخدم المنحنى (B) لحوازيق الإزاحة الخرسانية على ألا تزيد قيمة الاحتكاك الجانبى في أى حالة على (١٢٠ كيلونيوتن / م) (١,٢٠ كجم / سم²) .

ويقترح استخدام معامل أمان قدرة (٣) لحساب قيمة المقاومة الارتكاز المسموح بها ومعامل أمان قدرة (٢) لحساب قيمة الاحتكاك الجانبى المسموح به في حالة اتباع الطريقة المذكورة أعلاه .

الأخيرة أقل منه في الحالة الأولى .

### ٣ - مجموعات الخوازيق في الصخر :

في حالة مجموعة الخوازيق للنشأة في أو تستند على طبقة صخرية سليمة ذات سمك كبير تكون قدرة تحمل المجموعة توازي حاصل ضرب عدد الخوازيق بالمجموعة في قدرة تحمل الخازوق المفرد باعتباره وحدة مستقلة . ولكن في حالة ميل سطح الصخر أو عند وجود شقوق أو طبقات ضعيفة مائلة داخل الصخر فإنه يجب مراجعة الأمان من حدوث انهيار كلي للمجموعة Block failure ويتم ذلك من واقع الدراسات الجيولوجية والاستكشافية للموقع .

### ٤ - مجموعات الخوازيق التربة غير متاسكة الحبيبات :

تعمل خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة طالما كانت المسافات بين محاور الخوازيق تزيد عن سبعة أمثال القطر للخوازيق وتعمل كمجموعة مشتركة عندما تقل عن ذلك وطالما كانت الطبقة الحاملة للخوازيق لا تتلوهها من أسفل طبقات أضعف منها . وكانت أحمال خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة ذات معامل أمان مناسب ضد الانهيار فإن احتمال انهيار المجموعة كوحدة واحدة Block failure أمر غير وارد .

وفي حالة التكوينات الرملية أو الرملية الزلطية السائبة loose deposits قد تزيد قدرة تحمل الخازوق في المجموعة عنه كخازوق مفرد نتيجة لتكثيف التربة إبان دق الخوازيق . ولكن يتحتم عدم اعتبار هذه الظاهرة عند التصميم .

وفي حالة تأسيس مجموعة من الخوازيق داخل طبقة كثيفة من التربة غير متاسكة الحبيبات محدودة السمك ، يلجأ في العمق طبقة من تكوينات ضعيفة فإن قدرة تحمل مجموعة الخوازيق تؤخذ مساوية لأقل القيمتين التاليتين « أ » أو « ب » .

( أ ) مجموع قدرات تحمل خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة .

( ب ) قدرة تحمل دعامة pier مساحتها توازي مساحة مقطع خوازيق المجموعة والتربة الواقعة بينها . ويقع منسوب تأسيسها مع منسوب الأطراف السفلية للخوازيق المجموعة أسفلين في الاعتبار الميول المحتمل لمجموعة الخوازيق .

### ٥ - مجموعات الخوازيق بالتربة الطينية :

تقدر القدرة القصوى لتحمل الخوازيق  $Q_u$  على كى كآ في الشكل التالى ( أ ) .

تحت المجموعة تكون أكبر بكثير ذلك لأن تكامل الجهود الناتجة عن كل خازوق من خوازيق المجموعة يرفع من قيمة الإجهادات المتولدة بالتربة ومن ثم من أبعاد المنطقة المجهدة تحت مجموعة الخوازيق .

من المعلوم أن قدرة تحمل مجموعة الخوازيق pile group لا تساوى عادة حاصل جميع قدرات تحمل الخوازيق التى تضمنها المجموعة باعتبارها وحدات مستقلة ويجب أخذ هذه الخاصية في الاعتبار عند التصميم . ويطلق مسمى كفاءة المجموعة "C" على النسبة بين قدرة تحمل مجموعة الخوازيق كوحدة واحدة إلى حاصل جمع قدرات تحمل خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة لنفس الأطوال وتكوين التربة . كذلك من الضروري عند استخدام مجموعات الخوازيق أن يؤخذ في الاعتبار مقدار الميول المنتظر للمجموعة .

### ٦ - المسافة البينية لخوازيق المجموعة :

يتوقف اختيار المسافات البينية لخوازيق المجموعة على عدة عوامل أهمها التكلفة الإجمالية للأساس . وطبيعة تربة الموقع وسلوك الخوازيق في المجموعة ، وأسلوب تنفيذ الخوازيق بالتقريب أو بالدق أو بالضغط أو بالبرم ، ويجب أن تكون المسافات البينية كافية لمنع حدوث إزاحة لتربة الموقع ، وأن تسمح بتنفيذ خوازيق المجموعة إلى الطبقة الحاملة دون إضرار ببعضها البعض أو بأى منشأ مجاور .

وعادة لا يقل البعد بين مركزي أى خازوقين عن ثلاثة مرات قطر الخازوق وذلك في حالة خوازيق الاحتكاك . بينما لا يقل هذا البعد عن مرتين ونصف القطر المكافئ ، ويسمح في الحالات الخاصة أن يصل هذا البعد إلى ضعف القطر المكافئ لمقطع الخازوق في حالة الخوازيق التى تعتمد أساساً على جهد الارتكاز . وعند استخدام خوازيق حلزونية screw piles فيبلغ البعد الأدنى بين محاورها مرة ونصف القطر الخارجى للحلزون . وفي حالة استخدام خوازيق ذات نهايات متسعة Enlarged bases فيجب أن يراعى في اختيار أبعاد محاورها احتمال حدوث تأثير متبادل للجهود كنتيجة لتضارب نهايات الخوازيق مع بعضها البعض .

وتجدر الإشارة إلى أنه عندما تنحرق مجموعة من خوازيق الاحتكاك طبقة عميقة منتظمة القوام لنقل حمل محدد في نطاق مساحة محددة - فإن استعمال عدد قليل من الخوازيق الطويلة يكون عادة أكثر فاعلية في نقل الحمل حيث الميول في الحالة

أسفل نهايات الخوازيق إلى سطح التربة ويميل ٤ (رأسى) ١ (ألقى) . مع اعتبار الوزن الذاتي للخوازيق مساوياً لكثافة التربة المكافئة لحجمها ومع اعتبار معامل أمان قدرة ١ .

ب ( حالة التربة الطينية :

يؤخذ الحمل المسموح للشد على المجموعة مساوياً لأقل القيمتين التاليتين (١) ، (٢) .

(١) مجموعة جهود الالتصاق على جذوع خوازيق المجموعة مقسوماً على معامل الأمان (F.S) .

(٢) قيمة Tall المبينة في المعادلة التالية :

$$T_{all} = \frac{2L(B+A)C}{F.S} + W_p \quad \text{معادلة رقم (١٦)}$$

حيث :

A = طول المسقط الأفقى لمجموعة الخوازيق كما في الشكل السابق (١) .

B = عرض المسقط الأفقى لمجموعة الخوازيق .

L = عمق كتلة التربة المبينة أسفل هامة الخوازيق .

C = القيمة المتوسطة تماسك التربة الواقعة حول الخوازيق مقدر من تجربة القص تحت مياه ثابتة .

« undrained strength » .

w.p = وزن الخوازيق + الهامة « pile cap » + وزن كتلة

التربة المحصورة بين خوازيق المجموعة .

F.S = معامل الأمان يساوى (٢) في حالة الأحوال التي تؤثر

لحظياً ويساوى (٣) في حالة الأحوال التي تؤثر

لفتترات طويلة .

### هبوط الخوازيق

(١) من الممكن استخدام الأساليب النظرية الواردة في هذا الجزء لإجراء تقدير تقريبي لقيم هبوط الأساسات الخازوقية . إلا أنه عادة يفضل الاعتماد على النتائج المستنتجة من تجارب التحميل على خوازيق لاجتبارها أكثر دقة من هذه الطرق النظرية .

(٢) هبوط الخازوق المفرد :

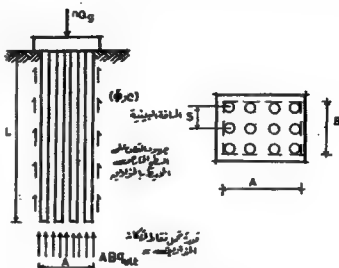
يتم حسابه باعتبار هبوط الخازوق عند طرفه العلوى هو حاصل جمع ثلاثة مقادير هى :

(أ) الهبوط نتيجة لانفعال جذع الخازوق :

Elastic compression of pile shaft :

تحت إجهادات التحميل وتقدر كما يلى :

$$S_e = \frac{L}{AE_p} (Q_b + \alpha_f Q_f)$$



شكل مبين تفاعل مجموعة الخوازيق بالتربة الطينية (١)

$$Q_{all} = n \cdot Q_{G} = n \cdot Q_{G_0} \quad \text{معادلة رقم (١٥)}$$

حيث :

n = عدد الخوازيق في المجموعة .

$Q_{G_0}$  = الحمل الأقصى الذى يتحملة الخازوق الواحد عندما يعمل داخل المجموعة .

$$\frac{Q_{G_0}}{Q_{all}} = G_0 \quad \text{وتستخرج من الشكل التالى (ب)}$$

$Q_{all}$  = تحسب من الصيغة المبينة بالهند ثانياً .



شكل مبين كثافة مجموعة الخوازيق في التربة الطينية (ب)

٦ - أحمال الشد على مجموعة الخوازيق :

(أ) حالة التربة غير متماسكة الحبيبات :

يؤخذ حمل الشد على المجموعة مساوياً لأقل القيمتين التاليتين (١) ، (٢) .

(١) مجموعة جهود الاحتكاك على جذوع خوازيق المجموعة مع عدم تخفيض قيمتها في حالة الخوازيق المسلوقة ومع أخذ معامل أمان = ٣ .

(٢) الوزن الفعال Effective weight لكثافة التربة الواقعة داخلها خوازيق المجموعة مع إضافة وزن منشور دائرى يمتد من

حيث :

$= 0.33$  في حالة التوزيع المتدرج بدءاً من أقصى قيمة من أعلى وحتى الصفر عند نقطة الارتكاز .

ويشترط لاستخدام هذه الصيغة أن تكون إجهادات الحازوق في حدود جهود التشغيل المسموح بها .

(ب) الهبوط نتيجة لانفعال حمل الارتكاز إلى العمرة  $S_{pp}$  وتقدر كما يلي :

$$S_{pp} = \frac{C_p Q_p}{d \cdot q} \quad \text{حيث :}$$

$C_p$  = معامل يعتمد على نوعية التربة وعلى أسلوب تنفيذ الحازوق ( كما في الجدول التالي ) .

$d$  = قطر الحازوق .

$q$  = الجهد الأقصى لسعة التحميل عند نهاية الحازوق .

Ultimate end bearing capacity .

$Q_p$  = هو حمل الارتكاز المنقول للتربة عند طرف الحازوق السفلي .

$Q_f$  = هو حمل الاحتكاك المنقول للتربة عن طريق جهود الاحتكاك على سطح جذع الحازوق .

$L$  = طول الحازوق .

$A$  = مساحة مقطع الحازوق .

$E_p$  = معامل المرونة لمادة الحازوق .

$\alpha_f$  = معامل يتوقف على منحني توزيع جهود الاحتكاك على امتداد طول الحازوق ويؤخذ .

$= 0.5$  في حالة التوزيع المتساوي أو التوزيع المتناظر للمقطع المكافئ .

$= 0.67$  في حالة التوزيع المتدرج بدءاً من الصفر من أعلى حتى يصل إلى أقصى عند نقطة الارتكاز .

جدول يبين قيم المعامل  $C_p$  لتقدير هبوط الحازوق المفرد

| نوع التربة           | خوازيق الإزاحة | خوازيق التثبيت |
|----------------------|----------------|----------------|
| رمال كثيفة إلى سائلة | 0.02 إلى 0.04  | 0.09 إلى 0.18  |
| طين صلب إلى لين      | 0.02 إلى 0.03  | 0.03 إلى 0.06  |
| طيني كثيف إلى سائب   | 0.03 إلى 0.05  | 0.09 إلى 0.12  |

ويشترط أن تكون طبقة الارتكاز الحازوق ممتدة تحت طرف الحازوق لمسافة توازي عشرة أمثال قطره على الأقل وأن تكون الطبقات التي تليها ذات مقاومة تساوي مع أو تزيد عن مقاومة الطبقات المنشأة بها الخوازيق .

(ج) هبوط الحازوق نتيجة لانفعال حمل الاحتكاك من جذع الحازوق إلى العمرة  $S_{pf}$  تقدر كما يلي :

$$S_{pf} = \frac{C_f Q_f}{L_o q}$$

حيث :

$L_o$  = طول جذع الحازوق المدفون بالتربة .

$C_f$  = معامل ويساوي .

$$C_f = \left( 0.93 + 0.16 \frac{L_o}{d} \right) C_p$$

ومن ثم يكون هبوط الحازوق المفرد  $S_o$  كما يلي :

$$S_o = S_s + S_{pp} + S_{pf}$$

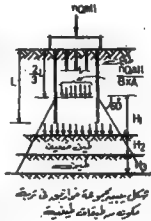
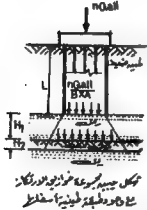
٣ - هبوط مجموعات الخوازيق المنشأة بتربة غير متساكة الخبيثات :

يمكن تقدير هبوط مجموعة الخوازيق  $S_G$  في هذه الحالة من الصيغة التالية :

$$S_G = S_o \sqrt{\frac{B}{d}}$$

حيث إن :

$B$  = المماس الأبعد ( الطول الأصغر ) لمجموعة الخوازيق بالمسقط الأتقى .



إذا لزم الأمر باستخدام وصلات - بنفس المقاييس السابقة تقريباً - إلى الأسطوانة الأصلية .

$d$  = قطر الخازوق المفرد .  
 $S_0$  = مقدار هبوط الخازوق المفرد مقدرة من الصيغة السابق ذكرها أو المخلدة من تجارب التحميل .

#### ٤ - هبوط مجموعات الخوازيق في تربة تتحوى على طبقات مشبعة متساكنة الحبيبات :

بحسب انضغاط الطبقات وفقاً للطرق المذكورة بالجزء رقم (٣) من الكود المصرى للأساسات وعادة يفترض أن جهود أحمال الخوازيق ذات الحملات الجامسة نسبياً تنتشر داخل التربة كما هو مبين بالأشكال السابقة .

أما في حالة الحملات المرنة أو في حالة مجموعة ذات هامات منفصلة فإن جهود الضغط الناشئة عنها تتوزع داخل التربة وفقاً لنظرية توزيع الإجهادات داخل الوسط المرن ومع اعتبار أن حمل المجموعة يؤثر على التربة عند المناسيب بنفس الأشكال . ويلاحظ أن (B) و (A) بالأشكال هي الأبعاد الخارجية لمجموعة الخوازيق بالمسقط الأفقى وأن (n) هو عدد خوازيق المجموعة .

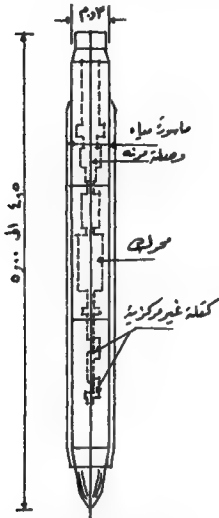
ويعتبر هبوط المجموعة مساوياً لانضغاط الطبقات الطينية تحت تأثير الأحمال المبنية بالأشكال السابقة بعد توزيعها .

#### الأساسات على خوازيق من تربة مدكوكة أو مستبدلة

هذا النوع من الأساسات يدخل ضمن نطاق الطرق المختلفة لتحسين خواص التربة الضعيفة جداً والتي يكون التأسيس السطحي عليها مكلفاً للغاية وهي تعتمد أساساً على ، إما دك التربة الرملية أو خلط التربة الطينية أو الطمية بالزلط أو كسر الحجر لتحسين خواصها الميكانيكية وذلك عن طريق اسطوانة حديدية رأسية تحقر طبقات التربة الضعيفة حتى أعماق كبيرة وتتولد منها اهتزازات ينجم عنها إما دك عمود من التربة الرملية حولها أثناء سحبها إلى أعلا أو عمل غامود من خليط من طبقة التربة الطينية أو الطمية الضعيفة والزلط وكسر الحجر للذنان يتم إضافتهما من أعلا أثناء سحب الماسورة إلى أعلا وهذه الطريقة تعرف بـ  $vibro\ compaction$  بالنسبة للتربة الرملية و  $vibro\ replacement$  بالنسبة للتربة الطينية .

المعدات :

يلزم لتنفيذ هذه الطريقة استخدام اسطوانة من الصلب ذات قطر يتراوح بين ٢٠٠ ملمترو ٤٠٠ ملمترو وأطوال تتراوح بين ٤,٥٠ متراً و ٥,٠٠ متراً يثبت بداخلها كتلة تدور حول محور الأسطوانة الرأسى بحيث لا ينطق مركز ثقل الكتلة مع محور الدوران مما ينتج عنه اهتزاز الأسطوانة مع دوران الكتلة كما في الشكل التالى ويلاحظ أنه يمكن زيادة طول أعمدة التربة



يسمى تخفيف الاهتزازات  
في عمليات الدك

وبدأ العمل باستخدام هذه الطريقة بترسيب الأسطوانة في رافعة crane وتنزيلها رأسياً داخل التربة تحت تأثير وزنها وبمساعدة تيار من المياه أو الهواء المضغوط يتم ضخه من أسفل الماسورة وهذا التيار من المياه أو الهواء المضغوط يساعد على سند الحفر .

وعادة تتراوح سرعة الدوران المحرك المستخدم في إحداث الاهتزازات بين ١٨٠٠ و ٣٠٠٠ لفة في الدقيقة وبطاقة تتراوح بين ٣٥ كيلووات و ٥٠ كيلووات ، ويتراوح وزن الأسطوانة بين ٢٧ كيلونيوتن (٢,٧٠ طن) و ٥٣ كيلونيوتن (٥,٣ طن) .

#### طريقة التنفيذ :

تنقسم هذه الطريقة طبقاً لنوعية التربة بالموقع إلى نوعين :

عن ذلك فإنه يمكن الوصول إلى كثافة نسبية قد تصل إلى ٩٠٪. أما في حالة وجود طبقات من الرمل الناعم يلاحظ أنه يلزم تقليل المسافة بين نقاط الدمك .

ويلاحظ بصفة عامة أن المدة اللازمة لدمك التربة عند كل مستوى تتراوح بين دقيقتين وخمس دقائق .

### الاستبدال الاهتزازي للتربة الطينية :

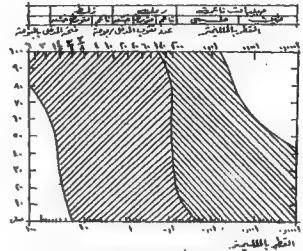
#### Vibro replacement

تستخدم في هذه الطريقة نفس المعدات المشار إليها أعلاه ويتم تزويج الأسطوانة إلى العمق المطلوب مع ضخ المياه أو الهواء من أسفل . وعادة ما تستخدم المياه في طبقات التربة المشبعة تماماً والهواء المضغوط في التربة المشبعة جزئياً مع ملاحظة أن يكون منسوب المياه المطلوب تكون الأبعاد الناتجة أكبر قليلاً من أبعاد الأسطوانة ، ويتم إضافة كميات من الرمل أو كسر الحجر من أعلا على دفعات بمقاس يتراوح بين ١٠ و ٨٠ ملمتر . مع كل دفعة يتم تنزيل ورفع الأسطوانة المهتزة ببطء حتى يتم التداخل التام بين الرمل المضاف والتربة بالموقع عند كل منسوب حتى تحصل في النهاية على عمود دائري ( غير منتظم المقطع ) مكون من خليط من تربة الموقع والرمل المضاف وعادة ما يتراوح قطر هذا العمود بين ٠,٦ متر و ١,٥ متر وذلك طبقاً لنوعية التربة بالموقع وزمن دمك وإزاحة الرمل المضاف ( كما في الشكل التالي ) أعمدة الحجارة أو الرمل هذه يتم تنفيذها عادة في توزيع منتظم مثلثي الشكل أو في مربعات . البعد بين كل عمود وآخر يتراوح بين ١,٥ متر و ٣,٥ متر ، وذلك طبقاً لمتطلبات التصميم من حيث تقليل الهبوط أو زيادة مقاومة التربة .

ويمكن حساب الهبوط المتوقع ومقاومة أعمدة الحجر عن طريق دراسة اتران عمود الحجر تحت تأثير الحمل الرأسى وضغط التربة السلى على جوانبه . وفي حالة توزيع الأحمال على مساحة كبيرة من التربة ( حصيرة من الخرسانة ) فإنه يمكن تحليل الإجهادات والهبوط عن طريق مشابهة لتحليل الخرسانة المسلحة باعتبار أن التربة الأصلية بالموقع لها معامل مرونة يمكن قياسه معملياً والأعمدة الحجرية تحتر بمثابة تسليح للتربة ذات معامل مرونة مختلف يمكن تحديدها باختبارات حقلية .

أ) الدمك الاهتزازي : vibro compaction للتربة الرملية :  
ب) الاستبدال الاهتزازي ( أو أعمدة الحجارة ) vibro replacement وذلك في التربة الطينية .

والشكل التالي يبين مجال استخدام كل من هذين البندين في تكوينات التربة المختلفة طبقاً لمقاس حيييات التربة بالموقع .

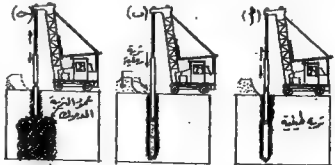


الشكل يبين مجال استخدام طرق الدمك الاهتزازي والاستبدال الاهتزازي

### الدمك الاهتزازي في التربة الرملية المفككة :

#### Vibro compaction

يتم دمك التربة بعد وصول الأسطوانة إلى المنسوب المطلوب عن طريق إضعاف تيار المياه المتدفق من نهايتها والبدء في سحب الأسطوانة إلى أعلا ببطء بخططات صغيرة منتظمة للتأكد من تجانس دمك التربة بكامل ارتفاع الطبقة . عادة ما يؤدي استخدام هذه الطريقة إلى خفض حجم التربة الأصل بمقدار ١٠ تقريباً مما يؤدي إلى انخفاض كبير في سطح الأرض بالموقع . ويمكن تلاقي ذلك بإضافة تربة رملية من الخارج حول الأسطوانة أثناء رفعها مما يؤدي إلى خلط هذه التربة الجديدة بالتربة الأصلية بالموقع أثناء الدمك كما في الشكل التالي :



شكل يبين طريقة تنفيذ الدمك الاهتزازي للتربة الرملية

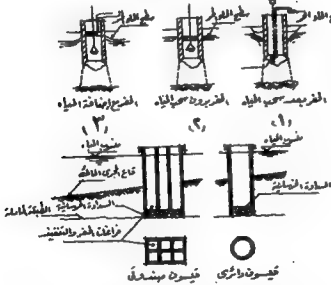
في حالة التربة الرملية جيدة التدرج فإنه يمكن الوصول بها إلى كثافة نسبية تساوي ٧٠٪ باستخدام هذه الطريقة على أبعاد تتراوح بين ٣,٥٠ متر و ٣,٥٠ متر . وفي حالة تقليل المسافات

kentledge وقد يتطلب الأمر استخدام نفائات مياه عند الحافة القاطعة لتسهيل حركة القيسون لأسفل . ويتم بناء حلقات إضافية أعلا القيسون مع تقدم عملية التفويض حتى تصل الحافة القاطعة إلى منسوب التأسيس المطلوب . وعندئذ يتم صب السلادة الخرسانية أسفل القيسون بصب الخرسانة خلال مواسم ذات قمع علوى tremic pipe أو أى وسيلة أخرى تضمن عدم انفصال مكونات الخرسانة أو قطاع الخرسانة .

ويفضل استخدام هذا النوع من القيسونات لأعماق لا تتعدى ٢٠ متراً . ويجب التنويه إلى أن عملية الحفر بجوار القاطعة قد تتطلب في بعض الحالات الاستعانة بالحفر اليدوى بواسطة غطاسين . كذلك فقد يتسبب وجود قطع من الصخر في إبطاء عملية الحفر .

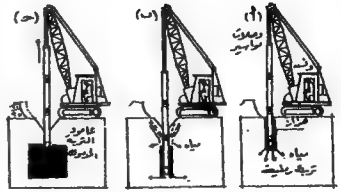
ويلاحظ أنه في كثير من الحالات يصعب تنظيف أو اختبار التربة عند منسوب التأسيس قبل صب خرسانة السلادة . كذلك فإن عملية صب الخرسانة تحت الماء يجعل عملية التأكيد من كفاءة السلادة ونوعية خرساتها مهمة صعبة .

#### شكل بين حالات مختلفة من القيسونات المفتوحة



#### قيسونات الهواء المضغوط : Pneumatic caissons

يوضح الشكل التالى أربعة حالات مختلفة لاستخدامات هذا النوع من القيسونات ويلاحظ أن الشكل العام لقيسونات الهواء المضغوط مشابه للقيسونات المفتوحة إلا أن عملية الحفر تتم على الناشف في حجرة خاصة Working chamber في قاع القيسون حيث يتم طرد المياه الأرضية ، بالتالى منع تزويج التربة عند منسوب الحفر باستخدام الهواء المضغوط . لذلك فإن كل قيسون هواء مضغوط مزود بجويس هوائى أو أكثر لنقل العمال من وإلى داخل القيسون ، وهويس هوائى أو أكثر لنقل المواد والمعدات .. إلخ ويجب على العمال البقاء في هذا الهويس فترات



#### تحميل جسيم جسم تحفيزات يوضع على طرف القيسون تفيد القوسم هو حفز لى التربة والطين

#### القيسونات

هى أساسات عميقة ذات مقاسات كبيرة تتكون من خلية واحدة أو عدة خلايا أسطوانية أو صندوقية ، ذات حواف من الخرسانة المسلحة أو الصلب أو الحديد الزهر . وتستخدم القيسونات عادة وسط المسطحات المائية ، أو تحت منسوب المياه الأرضية لنقل الأحمال الكبيرة من الكبارى والمنشآت المشابهة إلى طبقات التربة أو الصخر الصالح للتأسيس . ويملأ خلايا القيسون كلياً أو جزئياً بالخرسانة بعد الوصول إلى منسوب التأسيس المطلوب .

وعادة يتم عمل جسة أو أكثر في المكان المقترح للقيسون وذلك لتحديد طبقات التربة وخواصها ( خاصة مقاومة القص والتفويض ) على المناسيب المختلفة ، وتعيين منسوب المياه الأرضية واحتمالات تغيره ، وتستخدم هذه البيانات في اختيار الطريقة المثلل للتنفيذ والتنبؤ بأى مشكلات أو معوقات أثناء الحفر والتفويض .

ويمكن تقسيم القيسونات طبقاً لتكوينها الإنشائى وطريقة تنفيذها إلى ثلاثة أنواع :

- (١) القيسونات المفتوحة .
- (٢) قيسونات الهواء المضغوط .
- (٣) القيسونات الصندوقية .

و يتم اختيار نوع القيسون المناسب طبقاً لنوعية المنشأ وطبيعة التربة ومقدار الفارق بين منسوب التأسيس ومنسوب المياه الأرضية .

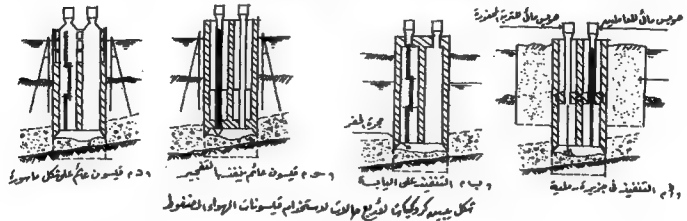
#### القيسونات المفتوحة : Open caissons

يوضح الشكل التالى كروكيات لحالات مختلفة من القيسونات ، ويلاحظ أن كعب هذه القيسونات يزود عادة بحافة قاطعة cutting edge ويتم الحفر عادة تحت منسوب المياه الأرضية باستخدام الكباشات أو بالتحريف . ويتم التفويض تحت تأثير وزن القيسون فقط أو بحمله بأوزان إضافية



ساعة إذا وصل ضغط الهواء إلى (٥٠ رطل على البوصة المربعة) ٣٥٠ كيلونيوتن / م<sup>٢</sup> (٣,٥٠ كجم / سم<sup>٢</sup>) كما في الجدول التالي بين عدد ساعات العمل المناسبة للضغوط المختلفة داخل القيسون . ويتم تحديد ضغط الهواء بأقل قيمة تكفي لاتزان التربة ومنع تسرب المياه إلى داخل الحفر .

عدة أثناء عمليات رفع وخفض الضغط & Compression decompression لتلافى إصابتهم بمرض القيسونات يتكون فقاعات هواء تحت الجلد bends لذلك فإن عدد الساعات المسموح للعمل خلالهما بداخل القيسون تتوقف على مقدار ضغط الهواء ، وقد لا تتعدى ساعة واحدة فقط كل ٢٤



جدول يبين عدد ساعات العمل داخل قيسونات الهواء المضغوط

| عدد ساعات العمل اليومي | قيمة ضغط الهواء |                  |                            |
|------------------------|-----------------|------------------|----------------------------|
|                        | قيمة ضغط الهواء | رطل / بوصة مربعة | كيلونيوتن / م <sup>٢</sup> |
| ٦                      | حتى ١٥,٥٠       | ( حتى ٢٢ )       | حتى ١٥٥                    |
| ٤                      | ١٥,٥ - ٢١,٠     | ( ٢٢ - ٣٠ )      | ١٥٥ - ٢١٠                  |
| ٣                      | ٢١,٠ - ٢٤,٥     | ( ٣٠ - ٣٥ )      | ٢١٠ - ٢٤٥                  |
| ٢                      | ٢٤,٥ - ٢٨,٠     | ( ٣٥ - ٤٠ )      | ٢٤٥ - ٢٨٠                  |
| ١                      | ٢٨,٠ - ٣١,٥     | ( ٤٠ - ٤٥ )      | ٢٨٠ - ٣١٥                  |
| ١                      | ٣١,٥ - ٣٥,٠     | ( ٤٥ - ٥٠ )      | ٣١٥ - ٣٥٠                  |

الطريقة التي تم بها تنفيذ القيسونات بالنابل بكمبري ٦ أكتوبر :

- معدات تستخدم في إنشاء القيسون :
- محطات متكاملة لضغط الهواء ثابتة وعائمة .
- محطات لخلط الخرسانة ثابتة وعائمة .
- طلمبات لنقل الخرسانة من المحطات إلى مواقع الصب .
- أوناش بحرية وبرية بخلفه الكفافات .
- قاطرات ولشاشات بحرية لتشغيل المعدات ونقل الأفراد .
- صنادل عائمة بخلفه الكفافة .

وفي حالة التفويص في اليابسة بعيداً عن المجرى المائية يستخدم ضغط هواء مسالو للضغط الهيدروستاتيكي للمياه الأرضية عند منسوب قاع الحفر على ألا يتعدى هذا الضغط ٥٠ رطل على البوصة المربعة وهو ما يتناظر ضغط عمود مياه ارتفاعه حوالي ٣٥ متراً . وعند الوصول إلى منسوب التأسيس المطلوب يتم تنظيف قاعدة القيسون وتصب الخرسانة على الناشف . ويلاحظ أن تنفيذ القيسونات بطريقة الهواء المضغوط عالية التكاليف نظراً لاستخدام ضغط الهواء وتحديد نوعية المعالجة على العمل تحت تأثير الهواء المضغوط ، كذلك تحديد عدد ساعات العمل تحت هذه الظروف .

للتأسيس ويصحب أحد الدعامات التي يتركز عليها الكوبرى .  
علماً بأن الخرسانة التي تستعمل يجب أن تتحمل ضغط قدرة  
٤٠٠ إلى ٥٠٠ كجم / سم<sup>٢</sup> .

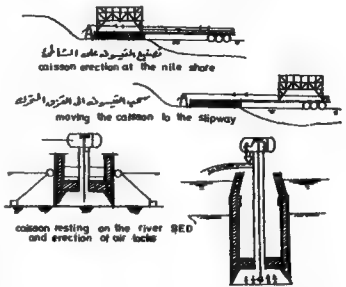
### القيسونات الصندوقية :

يستخدم هذا النوع من القيسونات عادة كأساس للمنشآت  
المقامة في المسطحات المائية عندما تكون طبقة التربة القوية قريبة  
من قاع المسطح المائي . كما يوضح الشكل التالي يتم بناء جسم  
القيسون على البر من الخرسانة المسلحة أو أى مادة أخرى  
مناسبة .

وي سحب القيسون طافياً على سطح المياه حتى مكان  
التأسيس المقترح وذلك بعد تجهيز التربة عند منسوب التأسيس  
بتسويتها ووضع طبقات من الرمل والزلط والتي تحتاج لذلك  
تحت سطح المياه ويتم تفويض القيسون بملئه بالخرسانة أو أى  
مادة أخرى مناسبة ويراعى استخدام الاحتياطات اللازمة لحماية  
القيسون ضد التآكل وتأثير التيارات المائية حوله .

١٠٠ ١٠٠ ١٠٠ ١٠٠

هذا بالإضافة إلى المعدات التقليدية مثل المولدات الكهربائية  
ومجموعات قطع ولحام الصلب وسيارات نقل الخرسانة وورشة  
نجارة . ورشة ميكانيكا وكهرباء وغير ذلك .

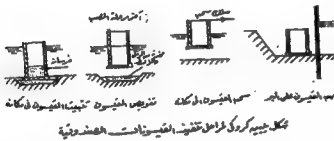


المخرقة قاع، وينفذ منسوب التأسيس  
excavating to the foundation level

### وصف القايسون الذى تم في كوبرى ٦ اكوبر وطريقه تشييده :

القيسون هو الدعامة التي تتركز عليها جسم الكوبرى وهو  
غارة عن غرفة حديدية مكونة من جالونات تكسوها من  
الخارج والداخل ألواح من الصلب ويتم تصنيع المرحلة الأولى  
من القيسون على الشاطئ وإزالة القيسون إلى النيل . ثم عملية  
الحفر تحت الماء عملية فنية ودقيقة للغاية ... إنها تبدأ بسحب  
القيسون على فرق النيل وسحبه إلى المكان المحدد لإقامة  
الدعامة .. وهناك يتم تثبيته بواسطة عوامات تسمح بالنزول  
الرأسى إلى مكانه .

وبعد ذلك يبدأ صب الخرسانة داخل القيسون فيبط  
تدريجياً ، ثم يزداد ارتفاعه بألواح من الصلب يتم لحامها في  
موقعه .. ثم تصب كمية أخرى من الخرسانة فيبط القيسون  
ويزداد ارتفاعه مرة أخرى من الخرسانة فيبط القيسون ويزداد  
ارتفاعه مرة أخرى بألواح الصلب وهكذا حتى يصل إلى قاع  
النيل .. يتم بعد ذلك تركيب غرفة خاصة لدخول النواصير  
وكذلك مواسير رأسية تسمح بتزويدهم إلى قاع النيل لإجراء  
عمليات الحفر تحت الهواء المضغوط . والمهدف من ضغط الهواء  
هو طرد المياه حتى يتمكن النواصير من الحفر ، وألا اندفعت  
المياه في غرفة التشغيل ، ومع استمرار عمليات الحفر وزيادة  
كمية الخرسانة المصبوبة في جسم القيسون يبط تدريجياً ويزداد  
تبعاً لذلك ضغط الهواء حتى يصل القيسون إلى المنسوب النهائي



شكل يبين كوكروا من القيسونات الصندوقية

### أسس تصميم القيسونات :

(١) تتوقف مقاومة الاحتكاك الجانبي المطلوب التغلب عليها  
أثناء عملية تفويض القيسونات المفتوحة وذات الهواء المضغوط  
على نوع التربة . ويمكن استخدام القيم الموضحة في الجدول  
التالى على سبيل الاسترشاد :

| نوع التربة       | كيلونيوتين / م <sup>٢</sup> | كجم / سم <sup>٢</sup> | الاحتكاك الجانبي |
|------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------|
| طين وطين ضعيف    | ٣٠ - ٥٠                     | ٠,٠٥ - ٠,٢٠           |                  |
| طين شديد التماسك | ٢٠٠ - ٥٠٠                   | ٠,٥٠ - ٢,٠٠           |                  |
| رمل سائب         | ٣٥ - ١٠                     | ٠,١٠ - ٠,٢٥           |                  |
| رمل كثيف         | ٧٠ - ٣٥                     | ٠,٣٥ - ٠,٧٠           |                  |
| زلط كثيف         | ١٠٠ - ٥٠                    | ٠,٥٠ - ١,٠٠           |                  |

٥) بحسب الحمل المسموح به للقيسون باستخدام معامل أمان يتراوح بين ٢ - ٣ .

٦) يقدر المبوط المتوقع حدوثه للقيسون بمحوالى نصف مقدار المبوط الذى يحدث لقاعدة مكافئة جاسئة ترتكز على سطح تربة مشابهة في الخواص للتربة الموجودة عند قاعدة ارتكاز القيسون .

## الجهاز المعدنى المتحرك للمهندس J.CAMBON

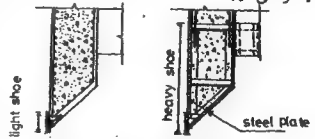
بعد الدمار الشامل الذى لحق برصيف الترساة البحرية بميناء برست Brest بفرنسا أثناء جلاء القوات الألمانية في الحرب العالمية الثانية بدأت الإدارة العامة للأشغال البحرية بفرنسا في سبتمبر سنة ١٩٤٦ العمل على إعادة هذا الرصيف الحيوى على مراحل . تطلبت هذه الإدارة مشروع مسابقة لإعادة تشييد هذا الرصيف . وتقدم مختلف المقاولون بحلول ناجحة ومعقولة واختير للمشروع للمصمم والمقدم من شركى مقاولات Dumez et Dobin .

وجاءت فكرة المشروع المختار في تنفيذ أساسات إلى منسوب - ١١ متراً . وذلك بالاستعانة بأجهزة متحركة يرتكز فوق هذه الأساسات صناديق مغطسة من الخرسانة المسلحة ذات قاع تكون حائط الرصيف . كانت الأجهزة المتحركة كما جاءت في المشروع الابتدائى الذى وقع عليه الاختيار تحمل على سفينتين مربوطتين ببعضهما بشكل معدنى يعلق عليه الجهاز .

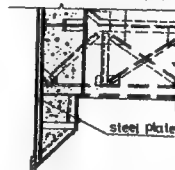
وقد اقترح في ذلك الوقت أنه بدلاً من استعمال الأجهزة المتحركة لتنفيذ الأساسات السابق ذكرها يمكن استعمال الطريقة التى طبقت في ميناء شربورج بفرنسا لإنشاء حوائط الأرصعة بطول ٢٠٠٠ متر التى نفذت من صناديق من الخرسانة المسلحة أبعاد الواحد منها ٣٣,٣٣ × ١٦,٢٥ × ٦,٢٥ متراً ذات حجرة عمل ومجهزة للتفطيس في المياه العميقة بفعل الهواء المضغوط وسياًق ذكر هذه الصناديق بالتفصيل فيما بعد ولكن نظراً لصعوبات ظهرت في تطبيق مثل هذه الطريقة صمم مشروعاً تلخص فكرته في عملي جهاز متحرك قام بتصميمه المهندس J.CAMBON الأشخاص في تشييد الأساسات في الهواء المضغوط ويعمل هذا الجهاز بالهواء المضغوط ويمكن أن يطفو من تلقاء نفسه فيعطى مرونة كبيرة في التشغيل مع التقليل ما أمكن في الحيز الذى يشغله وبذلك أمكن الاستغناء عن السفينتين اللصقيتين ، وبذلك تبلورت فكرة بناء رصيف ميناء برست بتكوينه بكامل طوله من صناديق من الخرسانة المسلحة ذات قاع تغلغل إلى منسوب ١١ إلى ١٢ متراً تحت سطح الماء ترتكز على أساس ينفذ مقدماً بالاستعانة بأجهزة معدنية متحركة تعمل بالهواء المضغوط .

إن مخترع الجهاز الحديث بحث في تحسين وتبسيط الأجهزة

٢) يصمم الحد القاطع لحوائط القيسونات بارتفاع حوالى ثلاثة أمتار في حين يكون ارتفاع حجرة التشغيل في قيسونات الهواء المضغوط حوالى ٢ - ٢,٥ متر . والشكل التالى يوضح أمثلة تفصيلية لحد القاطع للقيسونات المنشأة في المسطحات المائية أو على اليابسة .



الرافعات لتيسون على اليابسة land shoe



الرافعات لتيسون في المياه المائية floating caisson shoe  
أسس تشييدية للرافعات للقيسونات المنشأة على اليابسة أو في المياه المائية

٣) تصميم القيسونات كأساسات عميقة مرتكزة على طبقات قوية من الصخر أو التربة غير المتاسكة الحبيبات . ويمكن حساب قدرة التحميل القصوى للقيسون المرتكز على الرمل والزلط باستخدام المعادلة التالية :

$$Q_{ult} = P_b \cdot N_{qc} \cdot A_b \quad (١) \text{ معادلة رقم ١}$$

حيث :

- $P_b$  = الضغط الرأسى الفعال عند منسوب ارتكاز القيسون .
- $N_{qc}$  = معامل قدرة تحمل التربة للقيسونات .
- $A_b$  = مساحة المسقط الأفقى لقاعدة ارتكاز القيسون .

جدول يبين قيمة معامل قدرة تحمل التربة  $N_{qc}$  للقيسونات

| Φ        | ٤٥  | ٤٠  | ٣٥  | ٣٠ | ٢٥ | بالدرجات |
|----------|-----|-----|-----|----|----|----------|
| $N_{qc}$ | ٢٠٠ | ٤٠٠ | ١٥٠ | ٥٠ | ٢٥ |          |

٤) تعمل مقاومة الاحتكاك الجانبى النهاى المؤثرة على حوائط القيسونات الخارجية عند حساب قدرة التحمل القصوى نظراً لقلقلة التربة بدرجات متفاوتة أثناء عملية التفويض .



يتكون الجهاز المعدني الذي يعمل بالهواء المضغوط كما في الشكل السابق من الأجزاء الآتية :

#### (١) الجزء السفلي من الجهاز :

يتكون من ( أ ) حجرة العمل بارتفاع ٢ متر ومسطح عند منسوب السكينة ١٤٥ متر مسطح ( ١٢,٩٤ متر  $\times$  ١١,٤٤ متر ) .

( ب ) يملأ الارتفاع الكلي حجرة العمل بحجارة الاتزان التي ترتفع ٠,٨٠ متر تقريباً .

ويصل الارتفاع الكلي لحجرة الاتزان وأحمالك ألواح المعدن ٣,٠٩٦ متر .

#### (٢) الجزء العلوي من الجهاز :

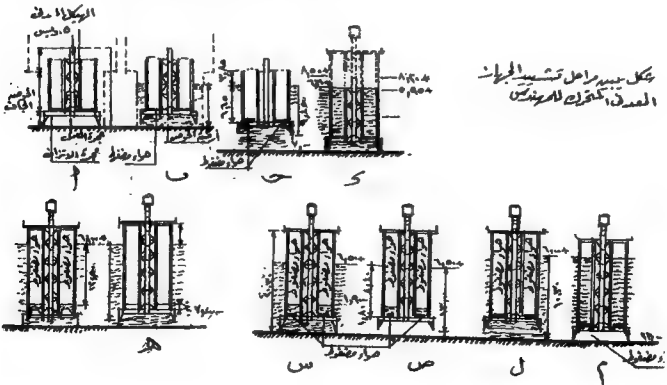
يملأ حجرة العمل وحجرة الاتزان هيكلاً معدنياً بارتفاع ١٧,٥ متر كما يوجد ٤ خزانات مثبتة في الجزء العلوي لحجرة العمل ومربوطة في الهيكل المعدني . قطر الخزان الواحد ٢,٨٥ متر وارتفاع ١٧,٤٠ متر من ألواح الحديد الصلب سم ٠,٦ سم . يملأ الجزء العلوي من الهيكل المعدني أرضية  $١١,٥ \times ١٢,٥$  متر محاطة بدرابزين من الحديد يتحرك عليها العمال لتشغيل كل أجزاء الجهاز ، هذا التشغيل ينحصر في تحريك الجهاز نفسه والتحكم في الهواء الداخل والخارج من هابسات الهواء وملء وتفريغ خزانات المياه . يحوى كذلك الجزء العلوي أربع مداخل قطر الواحدة متر واحد تصل مختلف هابسات الهواء مع حجرة العمل وحجرة الاتزان .

#### مراحل تشييد الجهاز :

لم يسمح الارتفاع الكلي للجهاز بتشبيده كله في الحوض الجاف المعد لبناء القواعد حيث إن ارتفاع الجهاز يفوق ارتفاع الحوض الجاف مما أدى إلى تنفيذ عمل مرحلتين : المرحلة الأولى في الحوض الجاف ، والثانية على قاعدة على منسوب ٧ متر أسفل سطح الماء .

#### المرحلة الأولى :

نفذ في الحوض الجاف جزء الجهاز لارتفاع ١٥,٥ متر منسوب سكينة حجرة العمل . يحوى هذا الجزء على حجرة العمل وحجرة الاتزان والأربع خزانات لارتفاع ١٠,٥ . يبلغ ارتفاع الهيكل المعدني ١٠,٥ أيضاً والمداخن ارتفاعها ١٢,٥ ويكون هذا الجزء من الجهاز مجموعة يمكن أن تطفو . كما أمكن إخراجها من الحوض الجاف وسحبها إلى البحر وتغطيسها إلى منسوب القاعدة . حتى يمكن إتمام بناء الجهاز وقبل إخراجها من الحوض نفذت هذه عدة تجارب لاختبار عزل أجزاء الجهاز المختلفة . والشكل التالي أ ، ب يبين جزء الجهاز في الحوض الجاف في الشكل ( ب ) أدخل الماء في الحوض الجاف إلى ارتفاع ٨,٤٠ متر فملأت المياه حجرة الاتزان لتجنب تعرضها للضغط الخارجي العالي . ولكن لما وصل المنسوب الخارجي للماء إلى ٧,٥ متر لحركة الجزر طردت هذه المياه بالاستعانة بالهواء المضغوط وبذلك أمكن للجهاز أن يطفو . وعند المد ارتفع منسوب الماء في الحوض أمكن إخراج الجهاز وسحبها وتغطيسها وإزالة على القاعدة المجهزة من قبل .



## مشروع نافورة النيل

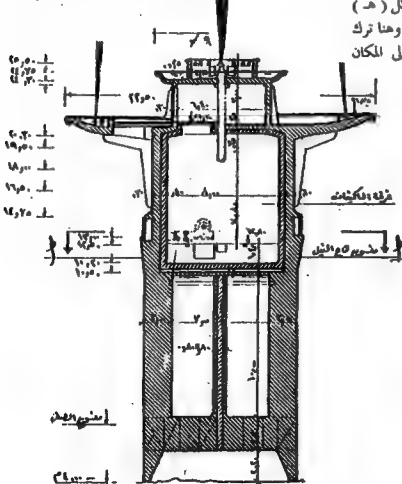
## المرحلة الثانية :

بدأت الفكرة المعمارية بإنشاء محطة طلبمبات في الجزيرة تضغط المياه في ماسورة وسط النيل إلى ارتفاع ١٠٠ متر. وبعد الدراسة عملت نافورات صغيرة تحيط بالنافورة الأصلية كما عملت قاعدة لهذه النافورات تعطيلها منظرًا جميلًا ثم تطورت الفكرة إلى وضع الطلبمبات في غرفة تامة العزل في القاعدة تحت النافورة .

فجاءت النافورة على هيئة طبقين : الأول عند منسوب + ٢٤ متر تخرج من وسط النافورة الأصلية بارتفاع ١٠٠ متر بها ١٦ كشاف كهربائي ويغض الماء من هذا الطبق إلى الطبق الثاني أسفله عند منسوب + ٢٠,٣٠ متر بقطر ٢٢ متر تخرج منه ٣٢ نافورة مائلة تجاه النافورة الأصلية يضيئها ٣٢ كشاف كهربائي كما أن هذا الطبق مزود بأربعة وستون ماسورة موزعة على الكورنيشة المحيطة ليخرج منها جميعها الفاغص على هيئة ستارة مائية محيطة بجسم النافورة تضئها ستة عشر كشاف كهربائي وفي الوقت نفسه تعمل على تحذير المراكب من الاقتراب .

## قطاع رأسى

قطاع بيبيز تقاميل نافورة النيل



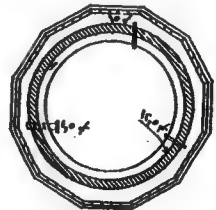
أما الشكل ( ج ، د ) يعطى فكرة عن حالة الجهاز فوق القاعدة ففي الشكل ( ج ) نجد الجهاز عالمًا أثناء حركة المد للبحر كما أن خزانات المياه لازالت فارغة . ثم بدأ في وضع أفعال حديدية في الخزانات .

أما الشكل ( د ) فنجد الجهاز غاطسًا وخزانات مملوءة بالماء ، سمح هذا الوضع باستكمال تنفيذ الجهاز كما توضحه الخطوط المنقطعة بالشكل .

أما الشكلان ( س ، ص ) فيبينان مراحل العمل على طوفو الجهاز ، ففي الشكل ( س ) نلاحظ الإدخال الجزئي للهواء المضغوط في خزانات الطوفو وفي حجرة الاتزان ، والشكل ( ص ) يبين الجهاز عندما اكتمل وبدأ يطفو .

الشكلين ( ل ، م ) يبينان وضع الجهاز أثناء التنطيس ، فالشكل ( ل ) يبين الجهاز وهو ما يزال يطفو بالاستعانة بالهواء المضغوط بالخزانات . وفي الشكل ( م ) نجد أن عملية التنطيس قد انتهت وأدخل الهواء المضغوط في حجرة العمل .

الشكلين ( ن ، هـ ) يمثلان عمليتي رفع وانتقال الجهاز . ففي الشكل ( ن ) ترى إدخال الهواء المضغوط في الخزانات وحجرة العمل مملوءة بالماء والجهاز مستعد للصعود . وفي الشكل ( هـ ) نجد الجهاز مرفوعًا بفعل مد البحر إلى منسوب + ٢٦ م وهنا ترك الجهاز الأساس انتهى العمل منه ومعد للسحب إلى المكان الجديد للعمل .



قطاع أفقى  
المستطيل الأسفل

## أساس النافورة :

(٣) بلغت كمية حديد التسليح المستعمل حوالي ٧٧ طن

منها ٢٨ طن لكوابيل الطبق الكبير .

(٤) كانت نسبة الأسمنت تتراوح بين ٣٠٠ ، ٤٠٠ كيلو جرام للمتر المكعب خرسانة .

(٥) تم تنفيذ الصندوق المفقود للكون لأساس النافورة حتى

منسوب + ١٩,٨٥ متر في مدة شهرين من يونيو إلى أغسطس ١٩٥٦ م .

(٦) تم تنفيذ الجزء العلوى بعد فيضان سنة ١٩٥٦ من ١٥

أكتوبر حتى ٣١ ديسمبر سنة ١٩٥٦ .

## الدعام

الدعام إحدى أنواع الأساسات الصيقة القادرة على نقل

أحمال الضغط كبيرة القيمة والمركزة ويمكن تصميمها وتنفيذها

لتصبح قادرة على مقاومة القوى الأفقية والأحمال الرأسية غير

المركزة . وتعمل الدعام مرحلة متوسطة بين خوازيق التثبيت

والقيسونات ، فعامل معاملة خوازيق التثبيت إذ قل قطرها

المكافئ عن ١,٥٠ متر ، وتختلف الدعام عن القيسونات في

طريقة تنفيذها ، فتتخذ الدعام بالحفر وسند الجوانب إذا لزم

الأمر . وعادة يسمح اتساع قطر الدعام بوضع العمود عليها

مباشرة دون استخدام حامة صفت فوقها .

يتم إنشاء الدعام بعمل ثقب في الأرض يصل إلى الطبقة

الحاملة بوسائل الحفر اليدوى أو الميكانيكى . وقد يتم توسيع

قاعدة الثقب عند الوصول إلى الطبقة الحاملة إلى حوالى ثلاثة

أشكال قطر الدعام pier with enlarged base وذلك بهدف رفع

كفاءة التحميل للدعام أو لتقليل جهود التماس على الطبقة

الحاملة . بعد التأكد من نظافة الثقب والقاع يملأ فراغ الثقب

بالخرسانة العادية ، وقد يتم تسليحها بالكامل أو تسليح الجزء

العلوى منها أو بوضع قطاع من الصلب داخل خرسانتها ،

حسب ظروف التربة المحيطة وطبيعة الأحمال المنقولة ومتطلبات

المنشأ وظروف الإنشاء .

عندما يكون هناك احتمالات قوية لحدوث انهيارات أو

تداخلات من جوانب الحفر ، أو رشح داخل فراغ الدعام ،

فإنه يكون من الضروري سند جوانب الحفر بغلاف دالم أو

مؤقت أو باستخدام وسائل الحفر .

## أنواع الدعام :

يمكن إنشاء الدعام في اليابسة أو في وسط مائى .

## ١) دعام في اليابسة :

( أ ) دعام منشأة بالحفر اليدوى :

قد تسند فيها جوانب الحفر بأنواع من الخشب ( طريقة

شيكاغو - chicao method ولا يقل القطر فيها عن حوالى

١٢٠ الإنشء والإسار

وكان من الطبيعى أن ينفذ أساس هذه النافورة بطريقة

الصندوق الثابت أو المفقود وقد أسس هذا الصندوق على

منسوب - ٤,٠٠ متر تحت سطح الماء مع العلم أن منسوب

قاع النيل في هذه المنطقة هو + ١١,٥٠ متر كما هو موضح

بالشكل السابق والصندوق مكون من ١٢ ضلعا طول كل ضلع

٢,٩٥ متر وقطر الدائرة الممارسة لأضلاعه من الداخل ١١,٠

متر :

## غرفة الطلمبات :

يقطر ٨ متر من الداخل موجودة أسفل النافورة . كان من

اللازم أن تكون حوائط هذه الغرفة غير نافذة للماء ولذا اتبع

الآتى :

( أ ) عملت جميع فواصل الألواح الصاج بالدعام .

( ب ) عمل الحائط الخرسانى على شكل حاملين بينهما طبقة

عازلة . فالحائط الخارجى الذى صب أولاً وسمكه ٦٥ سم صب

بخرسانة مكونة من ٣٥٠ كيلو جرام أسمنت ، ٠,٨ م<sup>٣</sup> زلط

متدرج تماماً ، ٢,٠٤ رمل مع استعمال الخلط والمزاز

الميكانيكيين ، وكانت الفواصل الأفقية تنظف تماماً قبل الرمي

كما استعمل بها ألواح نحاس رأسية .

أما الطبقة العازلة فتكونت من أربعة طبقات من ألواح

بيتومينية وذلك في الجزء الأتقى عند منسوب + ١٠,٤٠ متر

وحتى منسوب + ١٤,٠٠ متر ثم أصبحت ثلاث طبقات حتى

منسوب + ١٨,٠٠ متر ثم طبقتين حتى أعلى منسوب وفوق

سقف غرفة الماكينات وكانت تعمل طبقة دهان قبل وضع أى

طبقة جديدة . أما الحائط الداخلى فسمكه ٣٥ سم صب بنفس

نسبة الأسمنت بالحائط الخارجى .

( ج ) نفذت أرضية الغرفة من طبقتين من الخرسانة

للمسلحة السفلية وسمكها ٦٠ سم عليها أن تقاوم ضغط الماء من

أسفل والماكينات وقواعدها من أعلى . والطبقة الثانية وهى عبارة

عن قواعد الماكينات بها مجارى لتصريف مياه التبريد قد

استعمل في خلط الخرسانة ابتداء من غرفة الطلمبات مادة

البارابلاست السائلة liquid barroplast وذلك لزيادة مقاومة

نفاذ الماء كما استعمل في خلط المونة التى غطيت بها الطبقتان

المكونتان للنافورة مادة السلفوريسيت sulforisit وذلك

للحصول على سطح صلب يتحمل صلعات نزول الماء .

## إحصائيات :

(١) بلغت كمية الحديد وكذا الألواح الصاج المستعملة في

الصندوق المفقود المكون لأساس النافورة حوالى ٦٨ طن .

(٢) بلغت كمية الخرسانة العادية والمسلحة ١٨٨٠ م<sup>٣</sup> .

أو البحر مع تنفيذ المراحل الأولى للسند تحت الماء . يعقب ذلك تخفيض منسوب المياه داخل الحاجز ، ثم الحفر واستكمال مراحل السند مع تقدم الحفر حتى بلوغ الطبقة الحاملة في وسط جاف تماماً .

يتم تنفيذ أساس الدعامة وحسمها مع المحافظة على جفاف الموقع أثناء التنفيذ كما في الشكل التالي .  
ب ( إنشاء الدعامة بالحفر تحت الماء :

— يتم دق الحاجز حتى بلوغ الطبقة الحاملة وتنفيذ جميع أعمال الحفر والسند تحت الماء .

— يتم سد seal القاع بصب فرشة خرسانية tremie تحت الماء ذات وزن كاف لمقاومة الدفع الهيدروستاتيكي إلى أعلا .

يتم ضخ الماء من داخل الحاجز ثم تنفيذ الدعامة في وسط جاف كما في الشكل التالي .

هذا النوع من التأسيس أكثر اقتصاداً من التيسونات إذا كان عمق التأسيس أقل من حوالي ١٢,٠٠ متر تحت الماء . ولكن من عيوبه احتياجه لتنفيذ برنامج لسحب الماء باستمرار أثناء فترة الإنشاء أو تنفيذ فرشة خرسانية ذات وزن كاف لمقاومة ضغط الرشح إلى أعلا .

٩,٠ متر أو يتم سند جوانب الحفر بأجزاء أسطوانية من الصلب تكون في النهاية شكلاً تلسكوبياً للدعامة ( طريقة جاو Gow ) method .

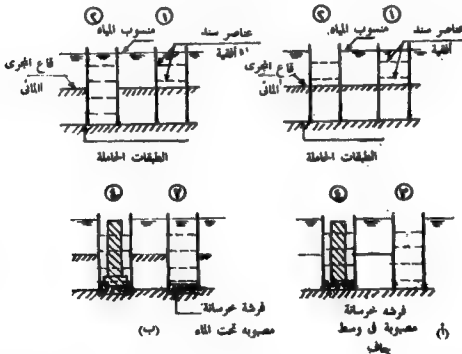
ويقل قطر كل جزء عن الجزء الذي يعلوه بحوالي ٥٠ سم على ألا يقل أصغر قطر عن حوالي ١,٢٠ متر . وفي حالة اختراق تربة ضعيفة أو متهايلة ، يتم دق الغلاف قبل تفريغ الثقب .  
ب ( دعائم منشأة بالحفر الميكانيكي :

يتم الحفر باستخدام معدات الحفر المختلفة مثل البريمة auger أو الكباش bucket أو أطراف التفتيت chopping bits أو كباش التفتيت chopping bucket تستعمل معدات التفتيت للطبقات الصلبة أو المخوية على أحجار أو زلط كبير ، كما تستعمل آلة بتو Bonoto machine للحفر في الأحوال الصعبة أو الشاقة .

٢ ( دعائم في وسط مائي (دعائم الكبارى والمنشآت البحرية) :  
يتم إنشاؤها في المجرى المائي أو البحر داخل حواجز cofferdams بإحدى الطريقتين التاليتين :

أ ( إنشاء الدعامة بالحفر في وسط جاف :  
— يتم دق الحاجز حتى بلوغ الطبقة الحاملة أسفل قاع النهر

### رسم يبين مراحل تنفيذ دعائم الكبارى والمنشآت البحرية



٣ ( قدرة التحمل للدعامة :

أو صخر . وقد تمثل مقاومة الاحتكاك على الجوانب جانباً هاماً في بعض الحالات . كما يجب مراعاة تأثير الاحتكاك السلبي على الجوانب على قدرة تحمل الدعامة عندما تسبب الظروف المحيطة

تستمد الدعامة قدرتها على الحمل أساساً من مقاومة الارتكاز عند قاعدتها عندما تتركز على أو في رمل كثيف ، رمل وزلط ،



(٦) يجب التأكد من نظافة قاع الحفر قبل صب الخرسانة .  
 (٧) في حالة اللجوء إلى الدعام ذات القواعد المتسعة يجب مراعاة استمرارية الصب بين القاعدة وجسم الدعام وعدم السماح بتكون فاصل بينهما .

(٨) يجب دراسة احتمالات حدوث هبوط للمنشآت المجاورة نتيجة لتسرب التربة بسبب التهاطل أو سحب المياه . وإذا كان ذلك الهبوط يسبب خطورة يجب اتباع أسلوب آخر للتأسيس .  
 (٩) تمز الخرسانة لتكثيفها في الثلاثة أمتار العلوية من الدعام .

(١٠) يجب التأكد عند صب الخرسانة من عدم حدوث انفصال لمكونات الخرسانة وعدم حدوث تكهفات أو اختناقات في جسم الدعام .

(١١) في حالة انسياب أو رشح المياه بكميات كبيرة يسمح للماء بالانسياب داخل الثقب حتى يصل إلى منسوب الازان static level ثم تصب الخرسانة داخل ماسورة ذات قمع tremie pipe يتم انزالها حتى قاع الثقب . وفي هذه الحالة يجب أن يظل سطح الخرسانة أعلا من قاع القمع بما لا يقل عن ١,٥ متر .

(١٢) يجب أن تكون الخرسانة المستعملة في صب الدعام ذات  $shump = 125 - 175$  ملمتر .  
 (٤) احتياطات الأمان :

بالإضافة إلى جميع الاحتياطات الأمان الخاصة بأعمال التنفيذ يجب حماية العمال ضد خطر التهاطل والانسيابات العنيفة بسند جوانب الحفر . كذلك حمايتهم ضد أخطار تقعر جيوب الغاز التي تؤدي إلى الاختناق أو حدوث حرائق . وتقل خطورة الاختناق إذا استعمل الهواء المضغوط في إدارة الحفر اليدوي . كذلك يجب اتخاذ احتياطات الأمان الخاصة بالعمل داخل الأنهار والبحار في حالة تنفيذ دعومات الكباري كما يجب تزويد الموقع بإمدادات الطوارئ إذا كان الموقع خارج المدينة .

تولده . وعموماً يجب أخذ عينات من التربة مع تقدم حفر الدعام وحتى منسوب قاع الدعام للتأكد من الوصول إلى طبقة الارتكاز المطلوبة . كما يجب ألا يقل معامل الأمان بالنسبة لقدرة تحمل الدعام عن ٣ .

ومنغ ذلك فإن قيم الهبوط المسموح به للدعام بتحيز العامل الحاكم للتصميم وليست قدرة التحمل ، أما في حالة التأسيس على سطح الصخر أو بداخل طبقة صخرية فيستخرج عينات لينة من الصخر cores وتختبر ويجب ألا يتعدى الجهد المسموح به

$$\frac{1}{8} - \frac{0}{8} = \text{مقاومة الضغط غير المحاط للصخر وفقاً للدرجة التأكد}$$

من وجود سلامة الطبقة الصخرية . وعند اخراق الدعام للطبقة الصخرية تضاف مقاومة الاحتكاك لهذا الجزء إلى مقاومة الارتكاز وتقدر بقيمة التماسك بين الخرسانة والصخر وتقدر بحوالى  $F_{cu} (0.06 - 0.035)$  حيث  $F_{cu}$  تساوى جهد الكسر لمكعب الخرسانة القياسي .

يراعى في تصميم وتنفيذ الدعام ما يلي :

(١) تصميم الدعام كامود قصير .  
 (٢) في جميع الأحوال يجب تسليح الجزء العلوي من الدعام بتسليح رأسى بطول لا يقل عن ٦,٠٠ متر وبما لا يقل عن ٠,٥٪ من مساحة مقطع الدعام . كما يجب مد التسليح بكامل سمك الطبقات الضعيفة إن وجدت .

(٣) في حالة وضع الأعمدة مباشرة على الدعام مع الاستثناء عن المهمة يجب تزويدها بشبكة حديد أقوى قادرة على مقاومة ما لا يقل عن ١٠٪ من الحمل الرأسى لمقاومة قوى الشد الأفقية .

(٤) عند حساب قدرة تحمل قطاع الدعام ذات الغلاف الدائم ينخفض الغلاف بالقدر المحتمل فقدته بالتآكل ( حوالى ٣ ملمتر ) .

(٥) لا يسمح بتحويل في محور الدعام عن مكانه التصميمي بما يزيد عن ٧٥ ملمتر . ولا يجزى يزيد عن ١٪ مع أخذ هذا السماح في الاعتبار عند التصميم .



الجزء  
الثالث

الحواشي السائدة



# مقدمة

## الحوائط الساندة

## الجزء الثالث

### الحوائط الساندة

الحوائط الساندة هي منشآت تستعمل لسند الأتربة أو الحبوب أو الفحم أو الماء وهي تعمل لتوفير الاتزان للتربة أو المواد الأخرى حيث لا تسمح الحالة بتوفير الاتزان بميول طبيعية أو صناعية .

وتتصف هذه الحوائط إلى نوعين :

**الأول :** يعتمد على المقاومة الجانبية لحركة الحائط عن طريق ضغط التربة السلبى  $passive\ pressure$  لمنع حركة الحائط وتوفير الاتزان الكلى للميل .

**والثاني :** يعتمد على الأوزان الرئيسية التي تعمل على تكوين الاحتكاك عند القاعدة وعلى جعل المحصلة للقوى تقع في الثلث الأوسط أو في ربع القاعدة ، وذلك النوع هو الذى تقوم بدراسته في هذا الجزء ويحتوى على ثلاثة أبواب :

**الباب الأول :** ويشمل استكشاف الموقع واعتبارات تنفيذية وفواصل الإنشاء ، وتحتوى على المسافة بين الجسات وأعماقها ، التجارب الحقلية والمعملية وأنواع الاختبارات الشائعة للحوائط ، معاملات الاحتكاك القصوى للمواد المختلفة ... إلخ .

**الباب الثاني :** اعتبارات هامة عند التصميم والضغوط وتصميم الحوائط المبنية من الطوب وهي تعريف للحوائط الساندة ، والضغوط والأسس اللازمة لتصميم الحوائط الساندة وحل عدة أمثلة للحوائط المبنية من الطوب التي لم يفرض لها أبعاد للقاعدة ، وحل طريقة تصميم الأساسات لهذه الحوائط من خرسانة عادية ، وخرسانة مسلحة ، خوازيق خشبية وخوازيق خرسانة عادية ( خوازيق استراوس ) .

**الباب الثالث :** تصميم الحوائط الساندة من الخرسانة العادية والمسلحة التي تعمل ككابولي ، والتي تعمل بدعامات ، وتتحصر في الآتي :

أ - الحوائط الساندة من الخرسانة العادية والتي يفرض لها أبعاد للقاعدة تقريبية ثم يتم عمل  $check$  على هذا الحائط لاستنتاج هل الأبعاد التي فرضت تفي أم يعاد يفرض أبعاد أخرى تفي بالإجهادات المطلوبة .

ب - الحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة التي تعمل كحائط كابولي وهي عبارة عن بلاطة رأسية مرتبطة مليئياً بقاعدة عبارة عن بلاطة أفقية ، وعند تصميم السلاح استعمل طريقة تقريبية مأمونة لإظهار قوى الحزم وقوى القص .

ج - الحوائط الساندة من الخرسانة ذات الدعامات (Butresses) وهي عبارة عن بلاطة رأسية أو مائلة ترتبط مع القاعدة ذات البلاطة الأفقية بواسطة سندات أمامية أو خلفية ترتبط مع السلاح والقاعدة مليئاً ، وقد استعملت نفس الطريقة التقريبية لتصميم الحائط .

وعلى العموم تم حل أربعة عشر نموذجاً لجميع الأنواع السابقة مع شرح وتحليل لكل نموذج ، والأسس التي بنى عليها التصميم . أما عن النظريات فقد استعملت نظرية ( رانكين ) في جميع الحلول لهذه الأمثلة .



# الباب الأول

## استكشاف الواقع وأعطيات تنفيذية وفواصل الإنشاء

أولاً : أعمال استكشاف الموقع والتجارب الحقلية والمعملية :

تتم معاملات القص للتربة الطينية في : المعمل بواسطة جهاز الضغط ذو الثلاث محاور أو جهاز صندوق القص المباشر . ويمكن تعيين مقاومة التماسك (C) للتربة الطينية المشبعة باستعمال جهاز الضغط غير المحصور .

تعيين (C<sub>u</sub>) للتربة الطينية المشبعة في الموقع من اختبار تحميل اللوح المرتكز عند سطح الأرض أو من اختبار القص المروحي أو من اختبار الاختراق بالمخروط الاستاتيكي أو باستخدام جهاز ضغط التربة الأرضي ( Pressure meter ) .

ويلاحظ عموماً أن قيم (C<sub>u</sub>) تتغير مع العمق حتى في حالة الطبقات التي تبدو متجانسة لذلك تجرى التجارب على عينات مختلفة على أعماق مختلفة وترسم العلاقة بين (C<sub>u</sub>) والعمق وتتخذ القيم المتوسطة .

ويجب عند تعيين إجهاد التماسك في حالة التربة الطينية الأخد في الاعتبار أقل قيمة متوقعة يمكن حدوثها خلال العمر الافتراضي للمنشأ .

(3) معاملات الأمان في اختبار القيم التصميمية لخصائص التربة .

يجب أن تخفض قيم معاملات القص C<sub>u</sub> أو C أو  $\bar{C}$  أو  $\bar{\phi}$  التي تعين من تجارب معملية أو حقلية لتصبح (C<sub>um</sub>, C<sub>m</sub>,  $\bar{C}_m$ ,  $\bar{\phi}_m$ ) بمعاملات أمان F<sub>C</sub> , F<sub>φ</sub> بحيث تكون كما يلي :

$$\left. \begin{aligned} \frac{C_{um}}{F_C} &= \frac{C_u}{1.3} \\ \frac{C_m}{F_C} &= \frac{C}{1.3} \\ \frac{\tan \phi_m}{F_{\phi}} &= \frac{\tan \phi}{1.1} \end{aligned} \right\} \text{معادلة رقم (1)}$$

ثانياً : أعطيات تنفيذية :

(1) الردم خلف الحوايط : الردم الخلفي هو التربة التي توضع خلف الحائط الساند بعد الإنشاء تماماً الفراغ بين الحوايط والأرض الطبيعية . ويبنى وضع طبقة تصريف المياه بها ذو أهمية قصوى .

المسافة بين الجسات وأعمالها :

عند البدء في أعمال استكشاف الموقع يتعين تحديد عمق الجسات والمسافة بينها بصورة نهائية وعلى هذا يجب اتباع المقترحات الآتية أثناء تنفيذ برنامج استكشاف التربة على أن تم مراجعة هذا البرنامج وتعديله أثناء تنفيذه .

يجب ألا يقل عمق الجسات عما يلي :

(أ) منسوب أى مادة عضوية أو ردم أو طبقة قابلة للانضغاط .

(ب) عمق مستويات الانزلاق المحتمل حدوثها .

(جـ) ضعف عرض قاعدة أساس الحائط .

إذا كان من المقترح التأسيس على خوازيق يجب أن يصل عمق الجسات إلى أسفل الطبقة الحاملة للخوازيق . يوضح الجدول التالي قيم مبدئية لعدد الجسات والمسافات بينها .

جدول يبين قيم مبدئية للمسافة بين الجسات وعمقها

| نوع التربة | المسافة بين الجسات (متر) |                |           |
|------------|--------------------------|----------------|-----------|
|            | أرض صلبة                 | أرض صلبة للصخر | أرض رطبة  |
| أعمال فكري | 2000 - 3000              | 200 - 300      | 100 - 200 |
| مخطط مساحي | 1                        | 1              | 1         |

التجارب الحقلية والمعملية :

يجب تحديد قيم وزن وحدة الحجم (γ) والتماسك (C) وزاوية الاحتكاك (φ) من تجارب معملية على عينات ممثلة لحالة التربة خلف الحائط بعد الإنشاء .

من المفضل تحديد هذه القيم قبل التصميم . وإذا لم يتم تحديدها قبل التصميم فيجب اختيار نوع الردم الخلفي وطريقة وضعه لتحقيق الافتراضات التي أخذت عند التصميم .

تعيين زاوية الاحتكاك (φ) للتربة الرملية باستخدام جهاز صندوق القص المباشر . إذا استخدم جهاز القص ذو الثلاث محاور فيجب زيادة زاوية الاحتكاك (φ) بمقدار 10٪ لحالة التربة الرملية الكثيفة أو المتوسطة الكثافة . أما في حالة التربة

**المواد المستخدمة :** الردم المثالي يجب أن يكون ذا نفاذية عالية وذا معاملات قص عالية تحت الظروف المحتمل تعرض المنشأ لها . بحيث لا يسبب ضغطاً كبيراً على الحائط - يفضل استخدام كسر الحجارة ذات الأحجام المتدرجة أو الزلط أو الرمل . ولا يفضل استخدام التربة الطينية التي يمكن أن تتعرض لظروف موسمية تؤدي إلى حدوث انتفاخ أو انكماش بها أو ضعف في مقاومتها . كما يجب تجنب استخدام المواد العضوية في الردم .

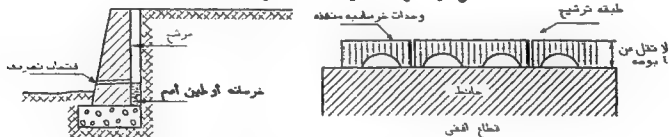
**في اختيار الردم الخلفي :** يجب استخدام المواد المتاحة في الموقع أولاً إذا كانت مناسبة . أما إذا لم تكن ملائمة فستتبع وتستخدم مواد موروثة مناسبة .

إذا صممت الكباري على أكتافها مثبتة من أعلى فيجب عدم وضع الردم الخلفي إلا بعد الانتهاء من صب الجزء العلوي من الكوبري .

كما يجب وضع الردم الخلفي على ارتفاعات متساوية لكل الأكتاف في نفس الوقت إلا إذا صممت الأكتاف على إجهادات إضافية نتيجة الردم غير المتأثر . عند وضع الردم الخلفي خلف الساتر اللوحية يجب عدم تثبيت الشدائد حتى يتم انضغاط الردم لتجنب انحناء الشدائد ومن الممكن تحسين خصائص الردم الخلفي بتيثته أو بوضع شرائط تسليح داخله .

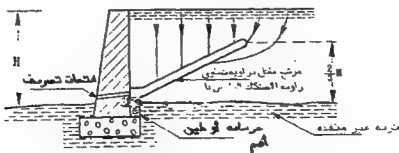
**قياس درجة الدمك :** يلزم دمك الردم الخلفي جيداً أثناء وضعه ويجب التأكد من درجة الدمك وخصوصاً بالقرب من الحائط الساند بعمل الاختبارات الحقلية اللازمة .

### شكل يبين طريقة الصرف خلف الحوائط الساندة



أ- طبقة ترشيح ملاصقة للحائط

ب- وحدات ترشيح ملامية من الخرسانة



ج- طبقة ترشيح ملصقة



**ثالثاً : الفواصل : فواصل الإنشاء :**

في الفواصل الخرسانية يجب تقليل فواصل الإنشاء بقدر الإمكان كما يجب توضيحها بالرسومات التنفيذية .

ويجب عمل فواصل إنشاء أفقية عند اتصال جذع الحائط والدعامات بالقاعدة . وكذلك على ارتفاعات محددة من الجذع والدعامات .

كما يجب اختيار أماكن الفواصل الرأسية عند قطاعات الحائط التي يكون إجهاد القص فيها صغيراً .

**فواصل التمدد :** يجب عمل فواصل تمدد رأسية بكامل ارتفاع الحائط . يتراوح سمكها بين ١٣ م ، ١٩ م تملأ بمادة لها خاصية الرجوعية ( يتوسم ) ويم عمل هذه الفواصل كل ٣٠ متر . في حالة الحوائط ذات الدعامات الأمامية يفضل عمل فواصل التمدد عند موضع الدعامة بتنفيذ دعامين عند الفاصل .

**فواصل الهبوط :** يتم عمل فواصل هبوط عند أماكن التغير في قطاع الحائط الساند . وعند أماكن التغير في نوع التربة الحاملة للمنشأ . وعند أماكن التغير في الأحوال . كما في حالة الكبارى حيث يتم فصل أجنحة حوائط الكبارى عن أكتافها .

**رابعاً : تسليح الحائط : غطاء حديد التسليح :**

يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرساني على حديد التسليح عما يلي :

١) قطر أكبر سيخ بالقرب من السطح الخارجي للحائط أو واحد بوصة أيهما أكبر .

٢) قطر أكبر سيخ تسليح بالقرب من السطح الخارجي للحائط أو واحد ونصف بوصة أيهما أكبر وذلك للحوائط الساندة المعرضة سطحها إلى مياه عذبة .

٣) قطر أكبر سيخ تسليح بالقرب من السطح الخارجي للحائط أو اثنين بوصة أيهما أكبر وذلك للحوائط الساندة المعرضة إلى مياه البحر .

**حديد التسليح الثانوي :**

لتنشيت الحديد الرئيسي وللتغلب على الشروخ الناتجة عن الانكماش يجب وضع حديد ثانوي موزع بانتظام في اتجاه عمودي على اتجاه الحديد الرئيسي .

وفي الحوائط التي يزيد سمكها عن ١٥ سم توضع طبقتين من حديد التسليح ( في اتجاهين متعامدين عند كل جانب « سطح » بحيث لا تقل مساحة مقطع حديد التسليح في أي اتجاه عن ٠,٢٥ ٪ من مساحة المقطع الخرساني ) .

**خامساً : صيانة الحوائط :**

يجب الكشف على المنشأ الساند على فترات زمنية للتحقق من :

١) عدم تغير الافتراضات التي اعتبرت في التصميم .

٢) حالة المواد التي استخدمت في المنشأ .

٣) عدم حدوث إزاحة للمنشأ .

إذا تبين وجود أي خلل يجب إجراء الإصلاحات اللازمة .

**الصيانة الإنشائية :** يجب فحص كحلة الفواصل على فترات زمنية منتظمة . كما يجب إعادة عمل الكحلة مرة ثانية إذا لزم الأمر . يجب أن تكون المونة المستخدمة في إعادة الكحلة ذات مقاومة مساوية لمقاومة المونة التي استخدمت عند إنشاء الحائط الساند مع مراعاة استخدام المواصفات الخاصة بالمون .

يجب إصلاح أي خلوش تحدث لأسطح الحوائط الخرسانية أو الحوازيق بدون تأخير خوفاً من تعرض حديد التسليح للتآكل .

يجب فحص وصلات التمدد على فترات زمنية منتظمة للتأكد من عدم حدوث أي عيوب في المواد التي تملؤها .

يجب تنظيف فتحات الصرف بانتظام لتؤدي وظيفتها بالكامل .

**الكشف على طبقات التطين الأمامية :**

البحرية أو النهرية بطبقة تطين أمامية . يجب فحص هذه الطبقات بانتظام للتأكد من سلامتها . الحوائط الساندة البحرية التي تزود بطبقة تطين أمامية يجب مراجعة منسوب التربة أمام هذه المنشآت دورياً وإذا وجد أي تغير في منسوب التربة فيجب عمل الحماية اللازمة .

**رصد تحرك الحوائط الساندة :** يجب الملاحظة الدقيقة لتحركات الحوائط الساندة في الحالات الآتية :

١) إذا ظهر دليل على تحرك الحائط الساند .

٢) إذا حدث انهيار جزئي للحائط الساند .

٣) إذا كان المحتمل حدوث هبوط لسطح الأرض .

٤) إذا أُنشئ الحائط الساند في مناطق حدث بها من قبل انهيارات لحوائط ساندة .

يجب عمل مسح كامل للمنشأ في الأحوال السابقة باستخدام الأجهزة المساحية المتاحة . ويجب قياس الإزاحة الحادثة بالنسبة إلى نقطة ثابتة بعيدة عن منطقة تأثر حركة التربة على فترات زمنية للتأكد من توقف الحركة .

إذا ثبت وجود إزاحة فعلية للمنشأ الساند فيجب قياس جميع الإحداثيات الأفقية والرأسية لجميع النقاط الرئيسية للمنشأ

الغير متساوي للحائط والذي ينتج عن دوران الحائط حول نقطة قرب القاعدة .

وفي حالة الحوائط المرتكزة على صخر يمكن أن يحدث هذا النوع من الانهيار عندما تقع المحصلة خارج قاعدة الحائط .

وفي حالة الستائر اللوحية يحدث هذا الانهيار إما نتيجة كسر الشد أو انزلاق المربط الخلفي .

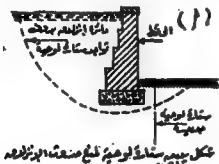
(٣) انزلاق الحائط إلى الأمام : يحدث هذا النوع من الانزلاق عندما لا توجد مقاومة كافية ناتجة عن الاحتكاك والتماسك بين القاعدة والتربة أو من الضغط المقاوم للتربة أمام الحائط .

(٤) الدوران حول نقطة أعلى الحائط : يحدث هذا النوع من الانهيار عندما لا يكفي الضغط المقاوم أمام الجزء السفلي من الحائط في حفظ اتزانه بينا الحائط ممنوع نسبياً عند أعلاه من الحركة مثال ذلك الحوائط من الستائر اللوحية ذات المربط الخلفي وأكتاف الكباري .



### شكل يبيِّن الميكانيزمات الشائعة للحوائط

لوحة أمام الحائط السائد تقطع مستوى الانهيار كما هو موضع بالشكل التالي (أ) أو يوضع طبقة من الردم أمام الحائط إذا سمحت طبيعة المنشأ بذلك .



وكذلك مناسب الأرض والسكك الحديدية والطرق بالقرب من الحائط السائد . وكذلك يجب أخذ عينات من التربة لتحديد خصائصها . كما يجب تسجيل الحالة اليومية للطبقات وحالة نظام الصرف وكذلك عمليات الإنشاء والمدم بالقرب من المنشأ . والملاحظة الدقيقة لتحرك المنشأ مع تحديد أماكن التشققات الحادثة سوف تساعد بالتأكيد على تحديد ومعرفة أسباب المشكلة .

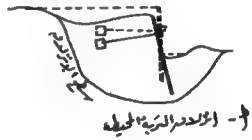
### سادساً : أنواع الانهيارات الشائعة للحوائط :

يوضح الشكل التالي أنواع الانهيارات الشائعة الحدوث في الحوائط السائدة والتي تملخص فيما يلي :

(١) انزلاق التربة المحيطة : يحدث هذا بسبب نقص تماسك التربة أو إزالة الجزء السائد من التربة من أمام القدم وهذا النوع من الانهيار يحدث عادة في التربة الضعيفة التماسك .

### (٢) دوران حول نقطة قرب قاعدة الحائط :

السبب الرئيسي لحدوث هذا النوع من الانهيار هو المربوط



### سابعاً : إصلاح الحوائط ( طرق إعادة اتزان المنشآت السائدة ) :

إذا ظهرت أي إشارة لبدا حدوث انهيار جزئي بالمنشأ السائد فيمكن إعادة اتزان المنشأ والمحافظة عليه إذا أمكن بتحديد أسباب بدأ الانهيار . لا توجد قوانين عامة محددة لعلاج هذه الحالات . بل يجب النظر لكل حالة على حدة وفيما يلي بعض حالات الانهيار الشائعة وطرق علاجها .

(١) في حالة فقد اتزان المنشأ نتيجة وجود مستوى انهيار قصير من تحت المنشأ . فيمكن التغلب على هذا بخلق ستائر

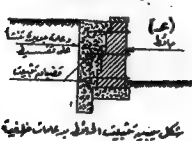
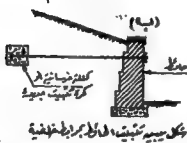
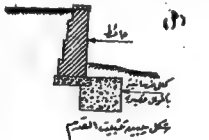
(٣) يمكن تثبيت الحائط من القدم وذلك بعمل حفر بأطوال صغيرة أمام القدم ثم ملؤها بالخرسانة كما هو موضح بالرسم التالى (أ).

(٤) يمكن التغلب على مشكلة ميل الحائط وذلك من أعلى بشدائد تنهى برامط خفيفة كما هو موضح بالرسم التالى (ب) ويجب توزيع قوة الشد باستعمال مدادات تثبت على طول الحائط.

(٥) يمكن عمل دعائم أمامية Buttresses للمنشأ الساند مصممة لتعمل مليئاً مع المنشأ الساند القديم كما هو موضح بالشكل التالى (ج).

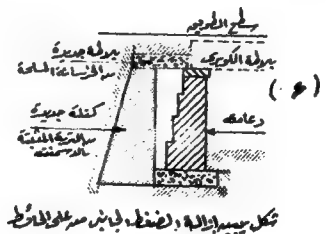
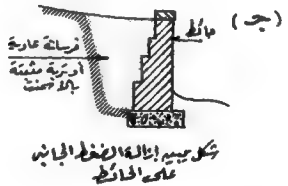
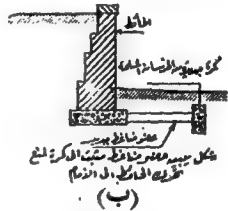
(٦) يمكن عمل (دعائم خلفية Counter forts) للحوائط الساندة التي تحركت بالفعل مع ربطها إلى بعض ليعمل مليئاً كما هو موضح بالرسم التالى (د).

يفضل أن تمتد الدعامة الخلفية أسفل منسوب الأساس القديم لتعطي اتزان أكبر ضد الانزلاق إلى الأمام.



(٢) في حالة حدوث ميل للحائط أو تحرك للأمام أو الخلفين معاً. يكون ذلك نتيجة زيادة الضغوط الجانبية على الحائط الساند بسبب وجود أحمال حية أو زيادة وزن وحدة الهجوم للردم الخلفي نتيجة تشبع الردم بالماء أو نقصان الضغط المقالوم المتولد أمام الحائط. فيمكن في هذه الحالة إنشاء عنصر ضاغط مثبت إلى ككرة كما هو موضح بالرسم التالى (ب) أو يستبدل جزء من الردم الخلفي بمادة خفيفة الوزن أو رمل مثبت بالأمتعت وذلك لتخفيف الضغط الجانبى على الحائط كما هو موضح بالشكل التالى (ج).

الشكل التالى (د) يوضح حالة يتم فيها إزالة الضغط الجانبى المؤثر على الحائط بالكامل وذلك بإنشاء حائط ساند خلف الحائط الساند القديم.



## جدول يبين معاملات الاحتكاك القصوى للمواد المختلفة

| زاوية الاحتكاك بالدرجات | معامل الاحتكاك | نوع الحائط والتربة المجاورة   |
|-------------------------|----------------|---|
|                         |                | ( أ ) حائط من الخرسانة أو المباني على المواد التالية :                          |
| ٣٥                      | ٠,٧            | - صخر نقي طنان .  |
| ٣١ - ٢٩                 | ٠,٦٠ - ٠,٥٥    | - زلط نقي - خليط من الرمل والزلط - رمل خشن .                                    |
| ٢٩ - ٢٤                 | ٠,٥٥ - ٠,٤٥    | - رمل نقي ناعم إلى متوسط الخشونة رمل طمي متوسط الخشونة وخشن - زلط طمي أو طيني . |
| ٢٤ - ١٩                 | ٠,٤٥ - ٠,٣٥    | - رمل نقي ناعم - رمل طمي أو طيني ناعم إلى متوسط الخشونة .                       |
| ١٩ - ١٧                 | ٠,٣٥ - ٠,٣٠    | - طمي رمل ناعم - طمي غير لدن .  |
| ٢٦ - ٢٢                 | ٠,٥٠ - ٠,٤٠    | - طين جامد جداً وصلب متصلد أو سابق التصلد .                                     |
| ١٩ - ١٧                 | ٠,٣٥ - ٠,٣٠    | - طين متوسط إلى جامد - طين طمي  |
|                         |                | ( ب ) الساتر اللوحية من الصلب :   |
| ٢٢                      | ٠,٤٠           | - زلط نقي - خليط من الرمل والزلط - ردم من الصخر جيد التدرج .                    |
| ١٧                      | ٠,٣٠           | - رمل نقي - خليط من رمل وزلط و طمي - ردم من الصخر الصلب ذو المقاس الواحد .      |
| ١٤                      | ٠,٢٥           | - رمل طمي - رمل أو زلط مخلوط بالطمي أو الطين .                                  |
| ١١                      | ٠,٢٠           | - طمي رمل ناعم - طمي غير لدن .  |
|                         |                | ( ج ) الساتر اللوحية الخرسانية :  |
| ٢٦ - ٢٢                 | ٠,٥٠ - ٠,٤٠    | - زلط نقي - خليط من الرمل والزلط - ردم من الصخر جيد التدرج .                    |
| ٢٢ - ١٧                 | ٠,٤٠ - ٠,٣٠    | - رمل نقي - خليط من الرمل الطيني والزلط - ردم من الصخر .                        |
| ١٧                      | ٠,٣٠           | - رمل طمي - خليط من الرمل أو الزلط مع الطين أو الطمي .                          |
| ١٤                      | ٠,٢٥           | - طمي رمل ناعم - طمي غير لدن .  |
|                         |                | ( د ) مواد إنشائية متفجرة :   |
| ٣٥                      | ٠,٧            | - مباني على مباني - صخور نارية ومتحولة .  |
| ٣٥                      | ٠,٧            | - صخر طري مستوى على صخر طري مستوى .   |
| ٣٣                      | ٠,٦٥           | - صخر صلب مستوى على صخر طري مستوى .   |
| ٢٩                      | ٠,٥٥           | - صخر صلب مستوى على صخر صلب مستوى .   |
| ٢٦                      | ٠,٥٠           | - مباني على خشب   |
| ١٧                      | ٠,٣٠           | - حديد على حديد عند الوصلات .   |

## جدول يبين معاملات الالتصاق لنوعيات التربة المتناسكة المختلفة

| الالتصاق كجم / سم <sup>٢</sup> ( C <sub>u</sub> ) | الالتصاق كجم / سم <sup>٢</sup> ( C <sub>u</sub> ) |
|---|---|
| ( صفر - ٠,٢٥ )                                    | تربة لينة جداً / ( صفر - ٠,٢٥ )                   |
| ( ٠,٥٠ - ٠,٢٥ )                                   | تربة متناسكة متوسطة ( ٠,٥٠ - ٠,٢٥ )               |
| ( ٠,٧٥ - ٠,٥٠ )                                   | تربة متناسكة جملدة ( ١,٠ - ٠,٥٠ )                 |
| ( ٠,٩٥ - ٠,٧٥ )                                   | تربة متناسكة جملدة جداً ( ٢ - ١ )                 |
| ( ١,٣٠ - ٠,٩٥ )                                   | تربة متناسكة صلبة ( ٤ - ٢ )                       |

## الباب الثاني

## أخبارات هامة عند التصميم والضغوط وتصميم الحوائط المبنية من الطوب

### ● تعريف للحوائط الساندة ●

الحوائط الساندة عبارة عن منشآت تستعمل في سند الأتربة أو المواد الأخرى حيث لا تسمح حالة الأتربة أو غيره بتوفير الاتزان بيمول طبيعية وهي تستعمل للأغراض الآتية :

- ١ - سند الأتربة بدون حمل إضافي For earth pressure without surcharge
- ٢ - لتحمل ضغط السوائل For liquid pressure
- ٣ - لتحمل ضغط المياه For water pressure
- ٤ - لتحمل ضغط التربة ذات حمل إضافي مائل For earth pressure with sloping surcharge
- ٥ - لتحمل ضغط الحبوب For grains pressure
- ٦ - لتحمل ضغط الفحم For coal pressure

ولعدة أعمال أخرى سيتم سردها في حينها .

وتتصنف الحوائط الساندة حسب الطريقة التي يتم بها الاتزان إلى نوعين رئيسيين : الأول : ويعتمد على الأوزان الرأسية التي تعمل على تكوين احتكاك عند القاعدة وإلى جعل محصلة القوى في ( الثلث الأول Middle third ) أو قريب منه مما يوفر الاتزان ضد الانقلاب والانزلاق ومثال ذلك الحوائط المبنية من الطوب والخرسانة العادية والمسلحة وهذا النوع يعتمد على ثقل الحائط نفسه وهو الذي يعمل الاتزان وبذلك يصبح أحجامه كبيرة خصوصاً المبنية بالطوب أو الخرسانة العادية والثاني يعتمد على المقاومة الجانبية لحركة الحائط وتوفر الاتزان الكلي للميل ومثال ذلك الحوائط التي تعتمد على ضغوط التربة السالبة مثل الستائر المعدنية ( Sheet pile walls for dry dock ) أو خوازيق ساندة للحوائط أو دعامة تسند الحائط ( Anchor block ) وستعرض في هذه الدراسة إلى ثلاثة أنواع :

أولاً : الحوائط المبنية بالطوب وجميع الأساسات اللازمة لهذه الحوائط .

ثانياً : الحوائط الساندة من الخرسانة العادية .

ثالثاً : الحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة .

### القوى المؤثرة على الحائط :

- ١ - وزن الحائط والردم الموجود فوقه .
- ٢ - الضغوط الجانبية المؤثرة على الحائط الناتجة عن وزن الردم الخلفي .
- ٣ - الأحمال الحية والميتة الموجودة على الحائط والردم فوقه .
- ٤ - الضغوط الجانبية الناتجة عن الأحمال الحية والميتة على الردم الخلفي .
- ٥ - ضغوط المياه وخاصة عند الفواصل الإنشائية التي يحتمل تسرب المياه خلالها .
- ٦ - القوى الناتجة عن تأثير الزلازل .
- ٧ - تأثير الأمواج .
- ٨ - أي قوى أخرى تتولد أثناء التنفيذ أو التشغيل للحائط .

## الضغوط ( Lateral pressures ) :

## (١) ضغط الريح Wind pressure :

(١) يجب أن يصمم كل مبنى لتحمل ضغطاً أفقياً للريح مقداره ٧٥ كج على المتر المربع على الأقل في جميع الاتجاهات ويعتبر هذا الضغط مؤثراً على الثلثين العلويين من ارتفاع المبنى أما كافة الأجزاء المرتفعة عن منسوب السطح كمداخل الدفايات وما يشابهها فتصمم لتحمل ضغطاً أفقياً للريح مقداره ٥٠ كج على المتر المربع على الأقل في جميع الاتجاهات .

(٢) يمكن التجاوز عن حساب تأثير ضغط الريح على توازن المبنى Stability إذا كان ارتفاعه يقل عن ضعف طوله في الاتجاه الموازي لاتجاه هبوب الريح - ولكن يجب أن تصمم الأجزاء المختلفة من المبنى لتحمل الضغوط المبينة في البند رقم (١) .

(٣) يجب أن تصمم الأسقف المائلة التي يزيد ميلها عن ٢٠ درجة مع الحط الأفقي بحيث تتحمل ضغطاً عمودياً على ميل السقف من تأثير الرياح مقداره ٧٥ كج على المتر المربع ومص (Suction) مقداره ٥٠ كج على المتر المربع على الوجه المقابل على أن يحسب تأثير كل من هذين الضغطين على حدة - وعلى أن تعتبر هذه الضغوط في حساب السقف المائل فقط أما في حساب الأحمال الرأسية الواقعة على باق أجزاء المبنى من تأثير هذه الأسقف فيجب أن يعتبر كأن حملاً حياً مقداره ٥٠ كج على المتر المسطح واقعاً على مسطح المسقط الأفقي للمبنى بأكمله .

(٤) للمسطوح الدائرية كالمداخل وما يماثلها المعرض لضغط الريح لا يجوز أن يقل الضغط على الوجه الدائري عن ٦٠٪ من الضغط على السقف الرأسي لهذه الأسطح ولا تقل عن ٨٠٪ في حالة الأسطح الكثيرة الأوجه .

## (٢) الضغط الجانبي للأتربة والرمال وغلاظه : ( Earth pressure ) :

(١) يجب أن تصمم الحوائط الساندة لتحمل الضغط الجانبي الناتج من الأتربة الضاغطة عليها باعتبار أن هذا الضغط يتبع في اتجاه ميل السطح العلوي للأتربة المسنودة ومقداره يتزايد ابتداء من السطح العلوي للحائط حتى أسفله تزايداً منتظماً .

(٢) يجب أن يحسب مقدار الضغط الجانبي عند أى عمق تحت السطح العلوي للأتربة المسنودة الأفقية سطحاً طبقاً للمعادلة الآتية :  
الضغط عند أى عمق = س × من السطح العلوي =

$$\text{وزن المتر المكعب من الأتربة المسنودة} \times \text{العمق} \times \text{س} \times \frac{1 - \text{جيب زاوية الميل الطبيعي للأتربة المسنودة}}{1 + \text{جيب زاوية الميل الطبيعي للأتربة المسنودة}}$$

وهو القانون المعروف بقانون ( Rankine ) .

وعلى ذلك فيقدر الضغط الكلى ( Total pressure ) المؤثر على الحائط بكامل ارتفاعه طبقاً للمعادلة الآتية :

$$\text{وزن المتر المكعب من الأتربة المسنودة} \times \frac{\text{ارتفاع الحائط}^2}{2} \times \frac{1 - \text{جيب زاوية الميل الطبيعي للأتربة المسنودة}}{1 + \text{جيب زاوية الميل الطبيعي للأتربة المسنودة}}$$

ويعتبر هذا الضغط الكلى مركز التأثير في نقطة الثلث السفلى من ارتفاع الحائط .

(٣) في حالة الأتربة المسنودة التي يميل سطحها العلوي عن الحط الأفقي بزاوية مقدارها ( د ) من الدرجات فيقدر الضغط الكلى المؤثر على الحائط بكامل ارتفاعه طبقاً للمعادلة الآتية :

الضغط الكلى =

$$\text{وزن المتر المكعب من الأتربة المسنودة} \times \frac{\text{ارتفاع الحائط}^2}{2} \times \frac{\text{جتاد} - \sqrt{\text{جتاد}^2 - \text{جتا}^2}}{\text{جتاد} + \sqrt{\text{جتاد}^2 - \text{جتا}^2}}$$

حيث ه = زاوية الميل الطبيعي للأتربة المسنودة .

ويعتبر هذا الضغط الكلى مركز التأثير في نقطة الثلث السفلى من ارتفاع الحائط وموازي في اتجاه تأثير السطح العلوي المائل للأتربة المسنودة .

(٤) في حالة الحوائط التي تسند أتربة أفقية السطح العلوي ولكن عليها أحمال إضافية من تأثير تخزين المواد الثقيلة أو حركة المرور أو ما يماثلها فيجب أن يعتبر تأثير هذه الأحمال الإضافية في الضغط الجانبي على الحائط ويقدر ذلك بأن يفرض زيادة ارتفاع الأتربة المسنودة بحيث يكون تأثير وزن الأتربة المضافة على المتر المسطح مساوياً لتأثير الأحمال الإضافية السابقة الذكر

على نفس الوحدة - وفي هذه الحالة يتزايد الضغط الجانبي تزايداً منتظماً من السطح العلوى للأتربة المفروضة إضافتها حتى أسفل الحائط مبتدئاً بصفر . ويحدد مركز تأثير الضغط الكلى في نقطة الثلث السفلى بالنسبة لذلك الارتفاع الكلى ( أى ارتفاع الحائط زائد ارتفاع التربة المضافة ) .

٥) لحساب الضغط الجانبي للأتربة يجب اتباع الأوزان وزوايا الميل الطبيعى المبينة في الجدول التالى :

| المادة                   | الوزن<br>كج / م <sup>٣</sup> | زاوية الميل<br>الطبيعى بالدرجة | المادة           | الوزن<br>كج / م <sup>٣</sup> | زاوية الميل<br>الطبيعى بالدرجة |
|--------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------------------|--------------------------------|
| أتربة مردومة             | ١٥٠٠                         | ٣٧                             | أرض طفلية جافة   | ١٧٠٠                         | ٥٠                             |
| أنقاض ناتجة من هدم مباني | ١٥٠٠                         | ٥٠                             | أرض طفلية رطبة   | ١٨٠٠                         | ٤٥                             |
| رمل جاف                  | ١٧٠٠                         | ٣٥                             | أرض مشبعة بالماء | ١٩٠٠                         | ١٥                             |
| رمل رطب مدقوق            | ١٩٠٠                         | ٣٢                             | زلط رفيع         | ١٨٠٠                         | ٣٨ - ٤٥                        |
| رمل مشبع بالماء المدقوق  | ٢١٠٠                         | ٢٤ - ١٦                        | زلط مخلوط برمل   | ٢٣٠٠                         | ٣٥ - ٢٦                        |
| طينة زراعية جافة         | ١٨٠٠ - ١٦٠٠                  | ٤٨                             | زلط مخلوط بعقل   | ٢٣٠٠                         | ٣٨                             |
| طينة زراعية رطبة         | ١٩٠٠ - ١٨٠٠                  | ٤٥                             | طى التيل         | ١٧٥٠                         | ٣٥                             |
| طينة زراعية مشبعة بالماء | ٢٠٠٠ - ١٩٠٠                  | ٢٠ - ١٧                        |                  |                              |                                |

٣) الضغط الجانبي للحبوب ( Grain pressure ) :

يجب أن تصمم حوائط الصوامع وخازن السطح الحبوب لما ستعرض له من ضغط جانبي بتأثير هذه الحبوب المخزونة باعتبار أن هذا الضغط يتبع في اتجاهه ميل السطح العلوى للحبوب المخزونة ويتزايد تزايداً منتظماً مبتدئاً بصفر عند سطح العلوى حتى يصل إلى نهايته العظمى عند عمق خاص لا يزيد بعده بل يبقى ثابتاً لأى عمق بعد ذلك ويحدد العمق المذكور والضغط الجانبي للحبوب طبقاً للمعادلات الآتية :

$$\text{الضغط الجانبي عند أى عمق ( س ) قبل العمق الأقصى الذى لا يزيد بعده الضغط الجانبي} = \text{وزن المتر المكعب من الحبوب المخزونة} \times \text{العمق س} \times \text{ظا} ( ٤٥^\circ - \frac{\text{زاوية الميل الطبيعى}}{2} )$$

$$\text{الحد الأقصى للضغط الجانبي} = \text{وزن المتر المكعب من الحبوب المخزونة}$$

معامل الاحتكاك بين الحبوب وحائط الصوامة  $\times$  محيط الصوامة  
مساحة السقوط الأفقى للصوامة

ويحدد وزن الحبوب وزوايا الميل الطبيعى لها ومعاملات الاحتكاك طبقاً للجدول الآتى :

| المادة | الوزن<br>كجم/م <sup>٣</sup> | زاوية الميل<br>الطبيعى<br>بالدرجات | معامل الاحتكاك<br>مع الخرسانة | المادة       | الوزن<br>كجم/م <sup>٣</sup> | زاوية الميل<br>الطبيعى<br>بالدرجات | معامل الاحتكاك<br>مع الخرسانة |
|--------|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| قمح    | ٨٥٠                         | ٢٥                                 | ٠,٤٤٤                         | شعير         | ٦٩٠                         | ٢٧                                 | ٠,٤٥٢                         |
| أذرة   | ٧٥٠                         | ٢٨                                 | ٠,٤٢٣                         | فحم مكسر قطع | ٨٥٠٠                        | ٢٧                                 | ٠,٥١٠                         |
| أرز    | ١٠٠٠                        | ٢٨                                 | ٠,٤٦٦                         | أصمحت        | ١٤٠٠                        | ٢٩                                 | ٠,٣١٦                         |

#### ٤) الضغط الجانبي للسوائل ( Liquid pressure ) :

يجب أن تصمم حوائط الخزانات لتحمل الضغط الجانبي من تأثير السوائل المخزونة باعتبار أن هذا الضغط يتزايد تزايداً منتظماً من السطح العلوى للسائل حتى أسفل الحائط مبتدئاً بصفر . ويحدد الضغط الجانبي عند أى عمق (س) وفي جميع الاتجاهات طبقاً للمعادلة الآتية :

$$\text{الضغط الكلى} = \frac{\text{وزن المتر المكعب من السائل} \times \text{العمق س}}{2}$$

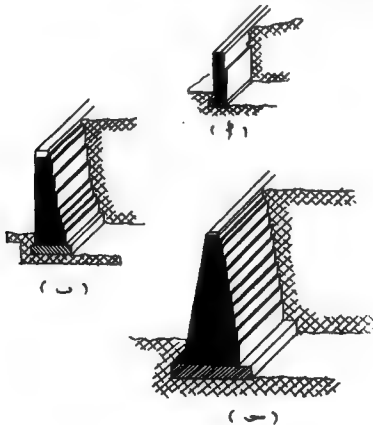
وعلى ذلك فيقدر الضغط الكلى على كامل ارتفاع الحائط بالمعادلة الآتية :

$$\text{الضغط الكلى} = \frac{\text{وزن المتر المكعب من السائل} \times (\text{الارتفاع الكلى})}{2}$$

ويعتبر أوزان السوائل طبقاً لما هو مبين في الجدول الآتى :

| المادة | وزن المتر المكعب بالكجم | المادة          | وزن المتر المكعب بالكجم | المادة | وزن المتر المكعب بالكجم |
|--------|-------------------------|-----------------|-------------------------|--------|-------------------------|
| بنترول | ٨٤٠                     | زيت بذرة الكتان | ٩٤٠                     | لبن    | ١٠٣٠                    |
| مازوت  | ٩١٠                     | زيت توربينات    | ٨٧٠                     |        |                         |
| بنزين  | ٧٥٠                     | ماء البحر       | ١٠٢٥                    |        |                         |
| جلسرين | ١٢٦٠                    | ماء مقطر        | ١٠٠٠                    |        |                         |

ما سبق فهو نبذة عامة عن الضغوط والتصميم وفيما يلي سيتم تصميم لكل نوع على حدة مع طريقة إثبات القوانين السابقة وحل أمثلة لكل نوع والأشكال التالية بعض أنواع المبانى من الطوب .



شكل جيبس خارج حوائط كتلية منه الطوب

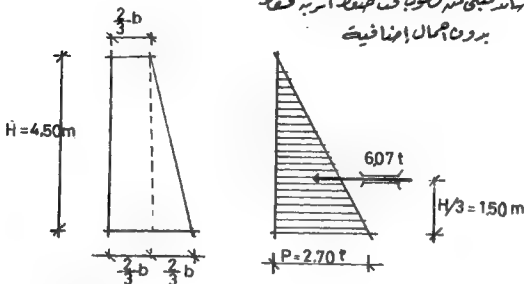


## الحوائط المبنية بالطوب الأسس اللازمة لتصميم الحوائط الساندة

المبادئ الأولية التي تستخدم في تصميم الحوائط الساندة وتنحصر في النظرية التقريبية ( Rankin's theory ) ومطبق على الأسس التالية :

أولاً : لضغط التربة فقط بدون أحمال إضافية : For earth pressure without surcharge :

حائط ساند مبني من الطوب تحت ضغطاً أرضياً فقط  
بدون أحمال إضافية



$$P = W.H \left[ \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right] \text{ linear formula}$$

Where

W = Specific gravity of soil

H = Height of retaining wall

$\phi$  = Angle of friction of soil

P = Base of triangle

$$P = \text{Total pressure of earth} = \frac{PH}{2}$$

$$P = \frac{WH^2}{2} \left[ \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right] \text{ acting at } \frac{H}{3}$$

الوزن النوعي للتربة .

ارتفاع الحائط الساندة

زاوية الاحتكاك للتربة بالدرجات

قاعدة المثلث الناتجة عن القانون ( قيمة الضغط )

إجمالي الضغط على التربة =  $\frac{\text{القاعدة} \times \text{الارتفاع}}{2}$

النموذج الأول :

حائط ساند ارتفاعه ٤,٥ م وزاوية احتكاك التربة ٣٠° والوزن للتربة ١,٨ طن / م<sup>٣</sup> أوجد :

١ - قاعدة المثلث الناتج عن الضغط P .

٢ - إجمالي الضغط على التربة والتي تؤثر في  $\frac{1}{3}$  الارتفاع من القاعدة P .

$$1 - P = W \times H \left[ \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right] = 1.8 \times 4.5 \left[ \frac{1 - \frac{1}{2}}{1 + \frac{1}{2}} \right] = 2.70 \text{ ton}$$

$$2 - \underline{P} = \frac{P \times H}{2} = \frac{2.70 \times 4.5}{2} = 6.07 \text{ ton}$$

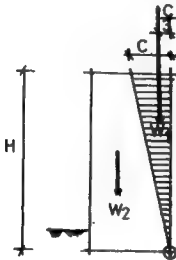
$$\text{Or } \underline{P} = \frac{W \times H^2}{2} \times \left[ \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right] = \frac{1.8 \times 4.5^2}{2} \times \frac{0.5}{1.5} = 6.07 \text{ ton}$$

ملحوظة هامة :

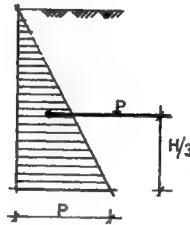
The effect of soil on inclined back surface

Draw a vertical plan through point (o) get P & P as usual (P acting at  $\frac{H}{3}$ )

$\bar{W}$  = weight of triangle inclined inside the wall which the vertical load acting at  $\frac{C}{3}$  from (o)

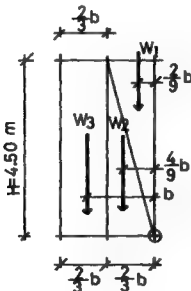


طريقة إيجاد تأثير التربة على الوجه المائل للحائط



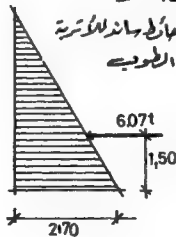
المودج الثاني :

المطلوب تصميم حائط ساند ارتفاعه 4,5 م وزاوية الاحتكاك الداخلي 30° ووزن التربة (W) 1,8 طن / م³ ووزن الطوب 2 طن / م³ وجهه الضغط للطوب 5 كجم / سم².



المودج الثالث

طريقة تصميم حائط ساند للتربة  
سه الباقية الطوبية



From Example (1)  $\underline{P} = 6.07 \text{ ton}$  acting at  $\frac{H}{3}$

$$B.M = 0 = (6.07 \times \frac{4.5}{3}) + w_1 \times \frac{2}{9} b + w_2 \times \frac{4}{9} b + w_3 \times b = (w_1 + w_2 + w_3) b$$

$$W_1 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times w = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 1.8 = 2.7b$$

$$W_2 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times 2 = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 2 = 3b$$

$$W_3 = \frac{2}{3} b \times H \times 2 = \frac{2}{3} b \times 4.5 \times 2 = 6b$$

$$\Sigma.m = 0 = 6.07 \times \frac{4.5}{3} \times 2.7 \times \frac{2}{9} b + 3b \times \frac{4}{9} b + 6b \times b = (2.7b + 3b + 6b) b$$

resultant acting at middle four

$$b \times \frac{4}{3} \times .75 = \text{المسافة من (o) حتى } \frac{4}{3} b = b \text{ حيث}$$

$$= 9.10 + 0.6b + 1.33b^2 + 6b^2 = 11.7b^2$$

$$= 4.37b^2 + 0.6b + 9.10$$

$$b = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$b = \frac{-0.6 \pm \sqrt{0.6^2 - 4 \times 4.37 \times 9.10}}{2 \times 4.37} = 1.51 \text{ m}$$

$$w_1 = 2.7 \times 1.51 = 4.077 \text{ ton}$$

$$w_2 = 3 \times 1.51 = 4.53 \text{ ton}$$

$$w_3 = 6 \times 1.51 = 9.06 \text{ ton}$$

Check of stresses to masonry (F)

$$\text{Total vertical load} = 4.077 + 4.53 + 9.06 = 17.667 \text{ ton}$$

$$\frac{2}{3} b = 1.006 \text{ m}$$

$$\frac{4}{3} b = 2.01 \text{ m}$$

$$F = \frac{2 \text{ N}}{A} = \frac{2 \times 17667}{201 \times 100} = 1.75 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

For liquid pressure

$$P = \frac{WH}{WH^2}$$

$$\frac{P}{2}$$

$$\Phi = 0^\circ$$

ثانياً : ضغط السوائل

$$\text{acting at } \frac{H}{3}$$

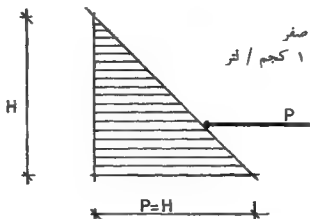
### For water pressure

$$\Phi = 0^\circ$$

$$W = 1$$

$$P = H$$

$$\underline{P} = \frac{H^2}{2} \text{ acting at } \frac{H}{3}$$



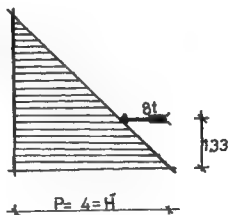
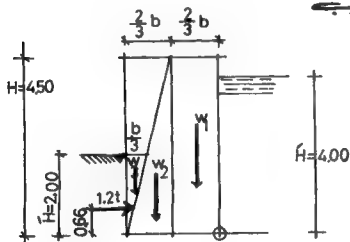
ثالثاً : ضغط الماء

حيث : ميل الماء = صفر  
وزن الماء = ١ كجم / لتر

المطلوب تصميم حائط بارتفاع ٤,٥٠ م ويحجز ماء بارتفاع ٤,٠٠ م ومستقيم من الداخل ومائل من الخارج ومن الخارج مسودة بأتربة بارتفاع ٢ متر علماً بأن وزن التربة ١,٨ طن / م<sup>٣</sup> ووزن الطوب ٢ طن / م<sup>٣</sup> وجهد الطوب ٥ كجم / سم<sup>٢</sup>.

النموذج الثالث :

تصميم حائط ساند للماء من الطوب



### Design of retaining wall

a - To get water pressure :  $\underline{P} = \frac{H^2}{2} = \frac{4^2}{2} = 8 \text{ ton}$

b - To get earth pressure :  $\underline{P} = \frac{WH^2}{2} \left( \frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin a} \right) = \frac{1.8 \times 2^2}{2} \times \left( \frac{.5}{1.5} \right) = 1.2 \text{ ton}$

$$W_1 = \frac{2}{3} b \times H \times 2. = \frac{2}{3} b \times 4.5 \times 2 = 6.b$$

$$W_2 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times 2 = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 2 = 3.b$$

$$W_3 = \frac{b}{3} \times \frac{H}{2} \times 1.8 = \frac{b}{3} \times \frac{2}{2} \times 1.8 = 0.6.b$$

$$B.M - O = (8 \times 1.33 + W_1 \times \frac{b}{3} + W_2 \times \frac{8}{9} b + W_3 \times \frac{11}{9} b - 0.66 \times 1.2) - (W_1 + W_2 + W_3) \times .75 \times \frac{4}{3} b$$

Resultant acting at middle Four

$$= (10.64 + 6.b \times \frac{b}{3} + 3.b \times \frac{8}{9} b + 0.6.b \times \frac{11}{9} b - 0.792) - (6.b + 3.b + 0.6.b) b$$

$$= (10.64 + 2.b^2 + 2.66 b^2 + 0.733 b^2 - 0.792) - (9.6.b^2)$$

$$= (9.848 + 5.363b^2) - 9.6b^2$$

$$= 9.848 - 3.237b^2$$

$$= 0$$

$$\therefore b^2 = \frac{9.848}{3.237}$$

$$= b^2 = 3.04 \therefore b = \sqrt{3.04}$$

$$= 1.744 \text{ m}$$

$$\therefore W_1 = 6 \times 1.744$$

$$= 10.46 \text{ ton}$$

$$W_2 = 3 \times 1.744$$

$$= 5.23 \text{ ton}$$

$$W_3 = 0.6 \times 1.744$$

$$= 1.04 \text{ ton}$$

Check of stress

$$\Sigma W = 10.45 + 5.23 + 1.04$$

$$= 16.72 \text{ ton}$$

Check Of stresses Of masonry (F)

$$F = \frac{2W}{A} = \frac{16.72}{\frac{4}{3} b \times 1.00}$$

$$= \frac{16.72}{2.32 \times 1.00} = \frac{16720}{232 \times 100}$$

$$= .72 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

For wind pressur

رابعاً : ضغط الرياح

$$P = 110 \times H \text{ acting } \frac{H}{2}$$

حيث

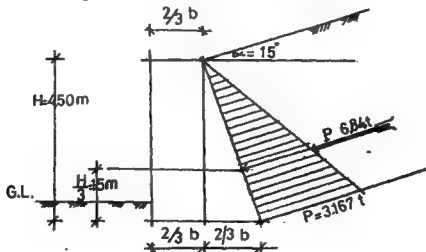
$$P = 110 \text{ kg / m}^2 \text{ ( Intensity of wind pressure various according to heigh & loction )}$$

For earth pressure with slobing surcharge

خامساً : ضغط الأتربة وعليها حمل إضافي مائل :

المنوعج الرابع

إيجاد مقدار ضغط الأتربة لأعلى وعليها حمل إضافي مائل بزاوية ١٥°



$$P = \frac{WH^2}{2} \cos \alpha \left[ \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} \right]$$

حيث :

$\alpha$  = زاوية ميل الحمل الإضافي

$P$  = قاعدة المثلث

$H$  = ارتفاع المثلث

$P$  = إجمالي ضغط التربة .

$$P = WH \left[ \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} \right]$$

$$P = P \frac{H \cos \alpha}{2} =$$

$H$

$P$  acting at  $\frac{H}{3}$  from base with a direction parallel to the plan of surcharge of earth

المودج الرابع : حائط ساند ارتفاعه ٤,٥ متر وزاوية الاحتكاك الداخلي للتربة ٣٠° وزاوية ميل الحمل الإضافي  $\alpha = ١٥^\circ$  ، وزن التربة ١,٨ طن / م<sup>٣</sup> . أوجد  $P$  إجمالي ضغط التربة

$$P = WH \left[ \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} \right]$$

$$= 1.8 \times 4.5 \left[ \frac{.96 - \sqrt{.96^2 - .86^2}}{.96 + \sqrt{.96^2 - .86^2}} \right]$$

$$\left[ \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} \right] = k_a$$

$$i.e. .391 = k_a$$

$$= 1.8 \times 4.5 \times .391$$

$$= 3.167 \text{ ton}$$

$$P = P \frac{H \cos \alpha}{2} = 3.167 \times \frac{4.5 \times .96}{2}$$

$$= 6.840 \text{ ton}$$

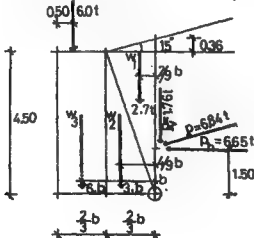
المودج الخامس :

صمم حائط ساند من الطوب ارتفاعه ٤,٥ متراً وزاوية الاحتكاك الداخلي للتربة ٣٠° وزاوية ميل الحمل الإضافي ١٥° ووزن التربة ١,٨ طن / م<sup>٣</sup>. وهذا الحائط يحمل ٦ طن على بعد ٥,٠ متر من الناحية الظاهرة والوزن النوعي للطوب ٢ طن / م<sup>٣</sup> وجهه الطوب ٥ كجم / سم<sup>٣</sup> .

ملحوظة : أخذت كل المعلومات من المودج رقم (٤) وذلك لعدم تكرار العمل .

Design of retaining wall

تصميم حائط ساند من الطوب على ميل إضافي سائل بزاوية ١٥°



١ - إجمالي ضغط التربة :

$$١,٨ \times ٤,٥ \times \frac{1}{3} = ٦,٨٤ \text{ طن في } \frac{1}{3} \text{ الارتفاع بزاوية ميل } ١٥^\circ$$

٢ - المركبة الأفقية  $P_h$  :

$$= ٦,٨٤ \times \sin ١٥^\circ = ١,٥٦ \text{ طن .}$$

٣ - المركبة الرأسية  $P_v$  :

$$= ٦,٨٤ \times \cos ١٥^\circ = ١٠,٧٦ \text{ طن .}$$

Resolve the resultant 6.84 ton to

$$P_h = P \cos 15^\circ = 6.84 \times .96 = 6.5.b \text{ ton}$$

$$P_v = P \sin 15^\circ = 6.84 \times .258 = 1.7.b \text{ ton}$$

$$W_1 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times w = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 1.8 = 2.7.b \text{ ton}$$

$$W_2 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times 2 = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 2 = 3.b \text{ ton}$$

$$W_3 = \frac{2}{3} b \times H \times 2 = \frac{2}{3} b \times 4.5 \times 2 = 6.b \text{ ton}$$

$$B.M.O = \text{Sum of all moments} = O = (w_1 + w_2 + w_3 + 6) \times \frac{2}{3} \text{ breadth} \therefore \frac{2}{3} \times \frac{4}{3} b = \frac{8}{9} b$$

resultant acting at middle third

أخذت المسافة  $b \times \frac{8}{9}$  داخل الـ (middle third) لأن الحمل ٦ طن ليس في محور  $b \times \frac{2}{3}$  بل بعد ٥,٠ م ومن الطرف الخارجي.

$$B.M.O = 6.56 \times 1.5 + w_1 \times \frac{2b}{9} + w_2 \times \frac{4}{9} b + w_3 \times b + 6 \left( \frac{4}{3} b - .50 \right) = (w_1 + w_2 + w_3 + b) \times \frac{8}{9} b + P_v$$

$$= 6.56 \times 1.5 + \frac{2.7b \times 2b}{9} + 3.b \times \frac{4}{9} b + 6.b \times b + 6 \left( \frac{4}{3} b - 0.50 \right) = (2.7.b + 3.b + 6.b) \times \frac{8}{9} b + 1.76$$

$$= 9.84 + 0.6.b^2 + 1.33b^2 + 6.b^2 + 8b - 3 = 2.46b^2 + 2.66.b^2 + 5.33.b + 1.76$$

$$= 9.84 + 7.93.b^2 + 8.b - 3 = 10.39.b^2 + 5.33.b + 1.76$$

$$= 2.46b^2 + 2.76b + 5.08$$

$$b = \frac{\pm b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

هذه معادلة من الدرجة الثانية ولحلها يتبع القانون الآتي :

$$2.67 \pm \sqrt{2.67^2 - 4 \times 2.46 \times 5.08}$$

$$\therefore b = \frac{2.67 \pm \sqrt{2.67^2 - 4 \times 2.46 \times 5.08}}{2 \times 2.46} = 2.07 \text{ m}$$

$$\therefore \frac{2}{3} .b = 2.07 \times \frac{2}{3} = 1.38 \text{ m}$$

$$\therefore \frac{4}{3} .b = 2.07 \times \frac{4}{3} = 2.78$$

$$W_1 = 2.7 \times 2.07 = 5.589 \text{ ton}$$

$$W_2 = 3 \times 2.07 = 6.21 \text{ ton}$$

$$W_3 = 6 \times 2.07 = 12.42 \text{ ton}$$

To get the height of inclined triangle

$$\text{Total } H = 1.38 \times \tan 15^\circ + H = 1.38 \times 0.267 + 4.5 = 4.86 \text{ m}$$

$$\text{Total } W_1 = \frac{4.86 \times 1.38 \times 1.8}{2} = 6.03 \text{ ton}$$

ملحوظة : عندما حسب P حسب على أن الارتفاع ٤,٥ م ولكن في الحقيقة الارتفاع أصبح ٤,٨٦ م بعد إضافة ارتفاع ٣,٦ م وهو

فيجب إعادة الحساب على الارتفاع الجديد بعد الإضافة .  $\tan 15^\circ \times \frac{2}{3} b$

$$P = \frac{WH^2}{2} \cos \alpha \left[ \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \phi + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} \right]$$

$$= \frac{1.8 \times 4.86^2}{2} \times .96 \times .391 = 7.98 \text{ ton}$$

$$P_v = 7.98 \times \sin 15^\circ = 7.98 \times .258 = 2.05 \text{ ton}$$

$$W_1 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times w = \frac{2}{3} \times \frac{2.07 \times 4.86}{2} \times 1.8 = 6.03 \text{ ton}$$

$$\text{Total vertical load} = 2.05 + 6.03 + 6.21 + 12.42 + 6 = 32.71 \text{ ton}$$

### 1- Ckeck of stresses to masonry (F)

allowable of masonry 5 kg / cm<sup>2</sup>

$$(F) \text{ to masonry} = \frac{2 \times \text{total load}}{\text{Area}} = \frac{2 \times 32710}{278 \times 100} = 2.35 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

### Imperical dimensioning For Cross Section Of retaining Wall

ملحوظة : لإيجاد أبعاد تقريبية للحوائط الساندة

The table shown here after gives impercially the ratio of =  $\frac{b}{H_1}$

حيث :

$$\frac{H}{2} = \text{القاعدة السفلى للحائط} + \text{سمك الحائط من أعلا} \quad \text{عند ارتفاع الحائط}$$

$$H_1 = \text{ارتفاع الأتربة من القاعدة حتى أعلا الميل}$$

$$\text{لو فرض أن سمك الحائط من أعلا} = \frac{2}{3} b \quad \text{والقاعدة من أسفل} = \frac{4}{3} b$$

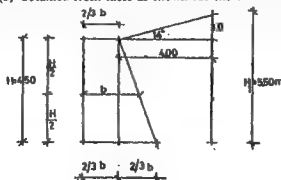
$$\therefore \frac{4}{3} b + \frac{2}{3} b = b \quad \text{وتكون في منتصف H حيث H ارتفاع الحائط}$$

This table shows earth pressure for various angles of friction & surcharge .

2

| Surcharge |          | Retio = $\frac{b}{H_1} = \frac{\text{width of base at Half of height of wall (H)}}{\text{height from top level of earth to level of foundation (H}_1)}$ |       |      |      |
|-----------|----------|---|-------|------|------|
| angle     | slope    | for angle of friction of practical soil   |       |      |      |
|           |          | angle of friction   | 20°   | 50°  | 65°  |
| 30        | 1.75 : 1 |   | 0.50  | 0.46 | 0.24 |
| 22        | 2.5 : 1  |   | 0.495 | 0.39 | 0.23 |
| 14        | 4.00 : 1 |   | 0.490 | 0.35 | 0.22 |
| O         | level    | b / H <sub>1</sub>  | 0.430 | 0.33 | 0.12 |

Note : The height to be considered in getting the base from the above table is the total height from top level of earth to level of foundation place (b) obtained from table as shown for the various cross section .





## تطبيق للقاعدة التقريبية

بالمودج رقم (٥) كانت زاوية الاحتكاك للأتربة تساوى ٣٠° وزاوية ميل الحمل الإضافى ١٥° وكانت النتيجة أن القاعدة

$$b = ٢,٧٨ \text{ م}, b = ٢,٠٧ \text{ م}$$

ولتطبيق هذا المثال على القاعدة التقريبية المشروحة سابقاً نجد الآتى :

$$\text{بالجدول عالىه زاوية الاحتكاك } ٢٠^\circ \text{ عند زاوية ميل الحمل الإضافى } \alpha = ١٤^\circ \text{ كانت نسبة } \frac{b}{H_1} = ٠,٤٩$$

$$\text{بالجدول عالىه زاوية الاحتكاك } ٥٠^\circ \text{ عند زاوية ميل الحمل الإضافى } \alpha = ١٤^\circ \text{ كانت نسبة } \frac{b}{H_1} = ٠,٣٥$$

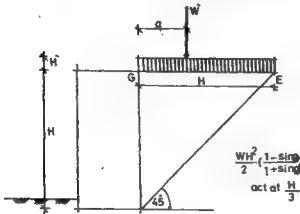
$$\text{فلو أخذ متوسط درجات الاحتكاك } ٣٥ = \frac{٢٠ + ٥٠}{2} \text{ كانت نسبة } \frac{b}{H_1} = \frac{٠,٣٥ + ٠,٤٩}{2} = ٠,٤٢$$

$$\text{ونظراً لأن المثال السابق } ٣٠^\circ \text{ فتصبح تقريباً النسبة } ٠,٣٩ = \frac{b}{H_1} = ٢,١٤$$

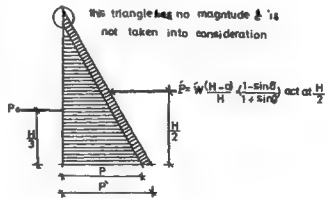
وبالحساب كانت النتيجة إلى  $b = ٢,٠٧$  فلا مانع من استعمال الجدول عالىه فى حدود الاستدلال فقط ولمعرفة النتيجة الحسابية صح أم خطأ .

سادساً : طريقة استنتاج تأثير حمل مركز قريب من الحائط :

How to get the effect of a concentrated load near a retaining wall



طريقة استنتاج تأثير حمل مركز قريب من الحائط



$$\underline{P} = \frac{WH^2}{2} \left( \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right)$$

$$\underline{P} = W \left( \frac{H-a}{H} \right) \left( \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right)$$

ارتفاع الحائط = H

$$\underline{P} = \text{قوة أفقية تؤثر فى } \frac{H}{2}$$

$$\underline{P} = \text{قوة أفقية تؤثر فى } \frac{H}{3}$$

حيث :

W = الوزن النوعى للتربة .

H = ارتفاع الحمل الإضافى بعد توزيعه على واحد متر .

W = وزن الحمل الإضافى المركز .

$\sin \phi$  = جيب زاوية الاحتكاك الداخلى للتربة .

لاستنتاج هذه القوانين يتبع الآتي :

Form bottom point ( O ) draw line inclined 45° meeting height of earth level at ( E ) .

It is assumed that  $w^-$  would have no effect on the retaining wall if it acts beyond point ( E ) .

The effect of the load is maximum if (  $w^-$  ) act at distance ( a ) area near from point ( G ) .

Between E & G its effect is proportional to  $\frac{H - a}{H}$

Assume  $w^-$  is replaced by an equivalent height of earth  $H^-$  giving same pressure as ( w ) distributed over area  $H \times 1.00 M$

$$\therefore H_1 = \frac{w^- (H - a)}{H \cdot H \cdot w} \quad i : e = \frac{\text{Load}}{\text{area} \times \text{specific gravity}} = \frac{w^- (H - a)}{H \cdot H \cdot w} = \frac{w^- (H - a)}{H}$$

Where  $w^-$  = load per meter run of wall

$w$  = specific gravity of earth

$$\therefore P = w H \left[ \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right]$$

$$\therefore \underline{P} = \frac{w H^2}{2} \left[ \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right]$$

$$\underline{P^-} = w (H + H^-) \left[ \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right]$$

$$\underline{P^-} = \frac{w (H - a)}{H} \left[ \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right]$$

The small triangle at the top is imaginary .

نموذج رقم ٦ :

١ - المطلوب تصميم حائط ساند من الطوب عليه حمل إضافي مركز يبعد ٢ متر عن الحائط الداخلي أعلا ومقداره ٦ طن ، والوزن النوعي للتربة ١,٨ طن / م<sup>٣</sup> ، وزاوية الاحتكاك الداخلي ٣٠° ، وزن الطوب ٢ طن / م<sup>٣</sup> وجهد الطوب ٥ كجم / سم<sup>٢</sup> وارتفاع الحائط ٤ م٤,٥ .

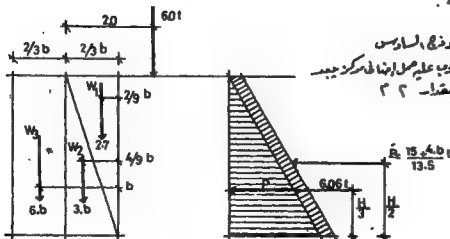
٢ - بعد تصميم الحائط يصمم أساس للحائط .

أولاً : من الخرسانة العادية .

ثانياً : من الخرسانة المسلحة .

ثالثاً : من الخوازيق الخشبية .

رابعاً : من الخوازيق الخرسانة المسلحة .



## (1) Design of Retaining wall :

$$P = \frac{w H^2}{2} \left[ \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right] = \frac{1.8 \times 4.5^2}{2} \times .333 = 6.1 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \bar{P} &= \frac{w (H - a)}{H} \left[ \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right] \\ &= \frac{6 \times (4.5 - (2.0 - \frac{2.b}{3}))}{4.5} \times .333 = \frac{27 - 12 + 4.b}{4.5} \times 0.333 = \frac{15 + 4.b}{13.5} \text{ ton} \end{aligned}$$

$$w_1 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \cdot w = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 1.8 = 2.7.b \text{ ton}$$

$$w_2 = \frac{2}{3} \cdot b \times \frac{H}{2} \times 2 = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 2 = 3.b \text{ ton}$$

$$w_3 = \frac{2}{3} b \times H \times 2 = \frac{2}{3} b \times 4.5 \times 2 = 6.b \text{ ton}$$

$$\text{Moment of all forces} = O = (w_1 + w_2 + w_3) \cdot .75 \text{ breadth i.e. } .75 \times \frac{4}{3} b = b$$

أخذت المسافة b في الـ (middle four) لأن جميع الأحمال محورية .

$$\begin{aligned} B.M = O &= \frac{P \times H}{3} + \frac{\bar{P} \times H}{2} + w_1 \times \frac{2}{9} \cdot b + w_2 \cdot \frac{4}{9} b + w_3 \cdot b = (w_1 + w_2 + w_3) b \\ &= 6.1 \times 1.5 \left( \frac{15 + 4.b}{13.5} \times 2.25 \right) + 2.7b \times \frac{2}{9} b + 3.b \times \frac{4}{9} b + 6.b \times b = (2.7b + 3.b + 6.6)b \\ &= 3.77 \times b^2 + \frac{0.66 \times b + 11.65}{-0.66 \pm \sqrt{0.66^2 - 4 \times 3.77 \times 11.65}} \\ \therefore b &= \frac{2 \times 3.77}{2 \times 3.77} = 1.85 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\therefore b = 1.85 \text{ m}$$

$$\frac{P}{3} = 1.233 \text{ m}$$

$$\frac{P}{3} = 2.46 \text{ m}$$

$$x = 0.616 \text{ m}$$

$$w_1 = 2.7 \times 1.85 = 5 \text{ ton}$$

$$w_2 = 3 \times 1.85 = 5.55 \text{ ton}$$

$$w_3 = 6 \times 1.85 = 11.10 \text{ ton}$$

$$\bar{P} = \frac{15 + 4 \times 1.85}{13.5} = 1.66 \text{ ton}$$

### Check of stress of wall :

$$\text{Total load} = 5 + 5.55 + 11.10 = 21.65 \text{ ton}$$

$$F = \frac{2 \text{ N}}{A} = \frac{2 \times 21650}{264 \times 100} = 1.64 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

سبق في النموذج ( رقم ٥ ) عندما أردنا أخذ العزوم حول النقطة ( O ) تم الآتي :

$$\text{B.M. - o} = \text{sum of all moments} = O = (w_1 + w_2 + w_3 + 6) \frac{2}{3} \text{ breadth i.e. } \frac{2}{3} \times \frac{4}{3} b = \frac{8}{9} b$$

وفي المثال ( رقم ٦ )

$$\text{B.M. - o} = \text{sum of all moments} = o = (w_1 + w_2 + w_3) .75 \text{ breadth i.e. } .75 \times \frac{4}{3} = b$$

وسنلقي الضوء على وضع المحصلة داخل أو ( middle third ) أو ( middle fourth ) .

If no tension is required at the base of the wall i.e.  $x \leq \frac{b}{6}$

- First to rectangular section

a - From similarity of triangles

$$\frac{w}{\frac{H}{3}} = \frac{P}{\frac{b}{6}}$$

w & H & P is being known get b

b- for maximum economy combined

$$\text{with safety (i.e. } x) = \frac{b}{4}$$

$$\frac{w}{\frac{H}{3}} = \frac{P}{\frac{b}{4}}$$

- Second general case

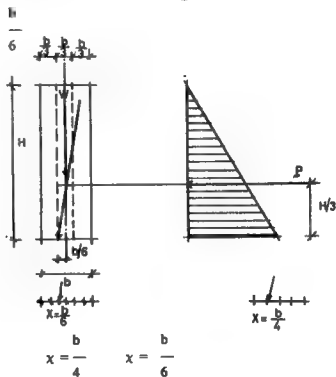
( a ) If no tension is required to occur at wall base i.e.  $x \leq \frac{b}{6}$

get  $w_1, w_2$  &  $w_3$  in terms of ( b ) take moments about ( o ) and get R by force polygon to all loads Resolve ( R ) into [ VR & HR ]

$$\begin{aligned} \text{B.M. - o} &= P \frac{H}{3} + P_1 \frac{H}{2} + w_1 x \frac{2}{9} .b + w_2 x \frac{4}{9} .b + w_3 x b \\ &= (w_1 + w_2 + w_3) x \frac{8}{9} b \text{ or } b \end{aligned}$$

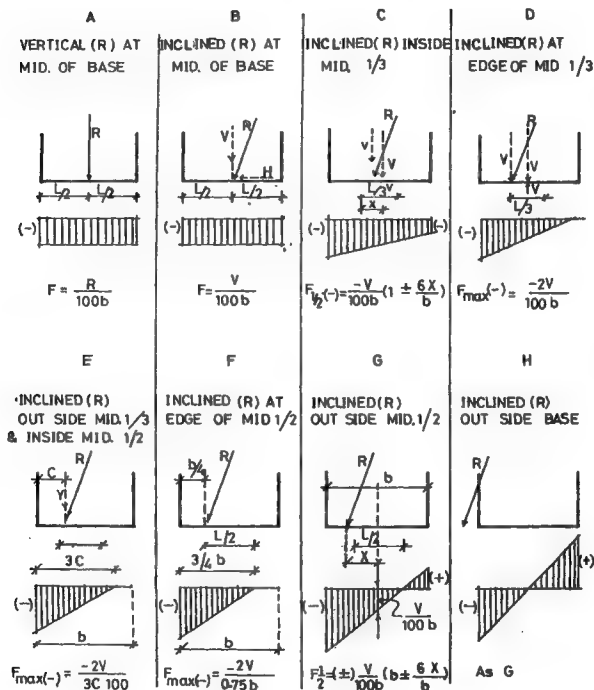
get b from equation & check cross section & stresses .

تستخرج المحصلة ( R ) من هذه الأحمال التي بالرسم عاليه إما بطريقة ( force polygon ) أو بطريقة الحساب .



قبل أن نبدأ في تصميم الأساسات يجب دراسة طريقة تحليل الأحمال المؤثرة بقطاعات القواعد المختلفة والرسم التالى يبين هذه الطريقة .

### طريقة تحليل الأحمال المؤثرة بقطاعات القواعد المختلفة



WHERE

R = Resultant

V = Vertical Component of Resultant

X = Eccentricity

F = Actual stress < F Allowable



## First : In ordinary concrete

1- Proceed R to meet the bottom level of foundation at distance (a) from right edge .

2- Get  $R_1$  (resultant of R &  $w_d$ ).

3- F = uniformly distributed stress on soil.

$$\frac{V(R_1)}{100} \leq F \text{ allowable of soil}$$

Check section at  $x - x$ 

$$\text{B.M at } (x - x) = \underbrace{(F \times 1.00 \times \bar{x} \times \frac{\bar{x}}{2})}_{\text{due to upward stress}} - \underbrace{(1 \times \bar{x} \times 1.00 \times 2.1 \times \frac{\bar{x}}{2})}_{\text{due to wight of foundation}}$$

حيث :

جهد التربة الخالص = F

1.00 = متر واحد من القاعدة .

t = ارتفاع الخرسانة

D = ارتفاع الأصب + t

$$F_2^1 = \frac{M \frac{t}{2}}{1.00 \frac{t^3}{12}} < F_c \text{ concrete } (2 \text{ kg} / \text{cm}^2)$$

$$\text{If not say } \frac{M \times x - x \times \frac{D}{2}}{1.00 \times \frac{D^3}{12}} = 2 \text{ kg} / \text{cm}^2 .$$

Place steps 50 cm height to get D provided  $D \leq 2t$  .B - To make maximum difference of stresses on soil between any two points  $< 0.4 \text{ kg} / \text{cm}^2$ .Suppose L is the necessary length of foundation which gives  $0.4 \text{ kg} / \text{cm}^2$  difference lowest stress is the sum of 3 stresses as the diagram shows:

$$F_2^1 = \frac{V(R^-) \cdot x \frac{L}{2}}{1.00 \frac{L^3}{12}} = \frac{4 \text{ ton} / \text{m}^2}{2} = \frac{6 V(R^-) (a - \frac{L}{2})}{L^2} = 2 \text{ ton}$$

VR &amp; (a) are known get L

Then check section  $x - x$  as before upward B.M equals area trapezium  $x y$  ( from drawings ) .

نموذج رقم (٧) :

المطلوب تصميم قاعدة من الخرسانة العادية وجهد التربة ١٠ طن / م<sup>٢</sup> وأقصى اختلاف في التربة هو ٤ كجم / سم<sup>٢</sup> للحائط الذي بالنموذج رقم (٦) بجميع أحواله والتي سبق لها رسم ال Force polygon .

## Design of foundation

$$\begin{aligned} \text{To get L} &= \frac{6 V(R^-) (a - \frac{L}{2})}{L^2} = \frac{4}{2} \text{ ton} = \frac{6 \times 21.65 (2.7 - \frac{L}{2})}{L^2} = 2 \text{ ton} \\ &= \frac{2L^2 - 350.73 - 64.59L}{-64.59 \pm \sqrt{64.59^2 - 4 \times 2 \times 350.73}} \\ b &= \frac{2L^2 + 64.59.L - 250.73}{2 \times 2} = 4.80 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{weight of foundation ( } W_4 \text{ )} = .80 \times 2.1 \times 4.8 = 8.06 \text{ ton}$$

$$\text{Total of horizontal force ( } \Sigma x \text{ )} = 6.10 + 1.66 = 7.76 \text{ ton}$$

$$\text{Total vertical load ( } \Sigma y \text{ )} = 21.65 + 8.06 = 29.71 \text{ ton}$$

$$\text{Resultant of all forces ( } R \text{ )} = \sqrt{(29.71)^2 + (7.76)^2} = 30.69 \text{ ton}$$

$$\tan \alpha = \frac{21.65}{7.76} = 70'$$

$$F \text{ to } W_4 = \frac{W_4}{1.00 \times L} = \frac{.8 \times 2.1 \times 4.8}{1.00 \times 4.80} = 1.7 \text{ ton / m}^2 \quad \text{الجهد للقاعدة العادية فقط}$$

$$F \text{ to } V ( \bar{R} ) = \frac{VR}{1.00 \times 4} = \frac{21.65}{4.80} = 4.51 \text{ ton / m}^2 \quad \text{الجهد للحائط نفسه}$$

$$F_2^1 = \frac{(VR \cdot \chi) \frac{L}{2}}{1.00 \times \frac{L^3}{12}} = \frac{21.65 \times 0.27 \times 2.4}{1.00 \times \frac{4.8^3}{12}} = 1.75 \text{ ton / m}^2 \quad \text{الجهد الناتج من الجهد المتغير}$$

حيث :

$$2.1 = \text{الوزن النوعي للخرسانة العادية بالطن .}$$

$$W_4 = \text{وزن القاعدة .}$$

$$.80 = \text{ارتفاع القاعدة } t$$

$$4.8 = \text{طول القاعدة الناتج من المعادلة السابقة .}$$

$$VR = \text{الحمل الرأسى الناتج من الحائط .}$$

$$0.27 = \chi = \text{بعد المحصلة من منتصف القاعدة وتأخذ من الرسم .}$$

$$\therefore F_1 = 1.70 + 4.51 + 1.75 = 7.96 \text{ ton / m}^2$$

$$F_2 = 1.70 + 4.51 - 1.75 = 4.46 \text{ ton / m}^2$$

$$\text{The variation of stress} = 7.96 - 4.46 = 3.5 \text{ ton / m}^2 = .35 \text{ kg / cm}^2 < 1 \text{ kg / cm}^2$$

Check of stress a section at  $\chi - \chi$

$$\text{The area of trapezium} = \frac{6.6 + 7.96}{2} \times 1.84 = 13.39 \text{ ton / m}^2$$

$$M_{\chi - \chi} = 13.39 \times 1.00 \times .85 - .80 \times 2.1 \times \frac{1.84^2}{2} \times 1.00 = 8.54 \text{ m.t}$$

||

$$F_1 = \frac{M \times y}{I} = \frac{M \times D/2}{1.00 \times D^3}{12} = \frac{8.55 \times .40}{1.00 \times .80^3}{12} = 81.42 \text{ ton / m}^2$$

It is not allowable we put steps .

$$\text{To get } D = \frac{M_{\chi - \chi} \times D/2}{1.00 \times d^3/12} = 20 \text{ ton / m}^2$$

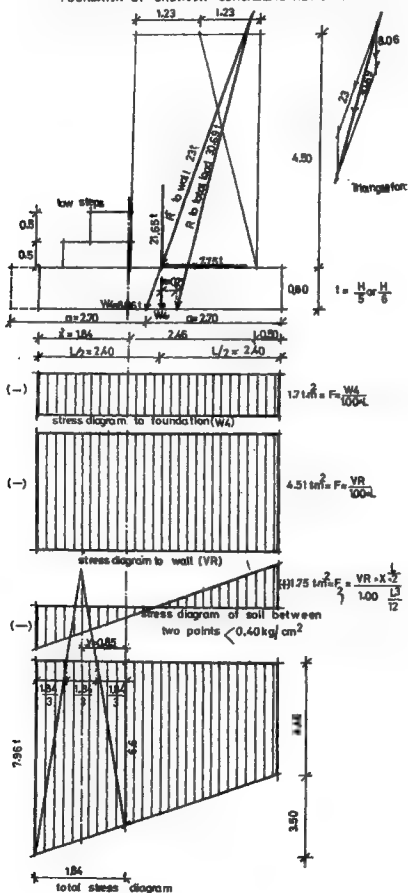
$$\text{i.e } 8.55 \times \frac{D}{2} = \frac{D^3 \times 20}{12} \therefore \frac{8.55}{2} = \frac{D^2 \times 20}{12} = 1.60 \text{ m}$$

Taken two steps 50 cm height .



المرفق ٤، اسالغ : تصميم قاعدة سرانسان العادي في ارض سائبة

# FOUNDATION OF ORDINARY CONCRETE RETAINING WALL



## نموذج رقم ٨ :

المطلوب تصميم قاعدة من الخرسانة المسلحة وجهد التربة ١٠ طن / م<sup>٢</sup> وذلك للحائط الذى بالمثال رقم (٦) بجميع أحماله والذى سبق لها رسم الـ ( Force polygon ) .

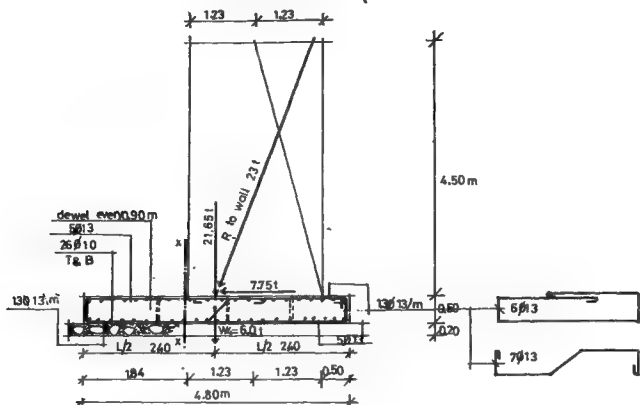
الحل :

سنأخذ المقاسات التى سبقت فى المثال رقم (٥) وهى أن القاعدة طولها ٤.٨٠م وارتفاع القاعدة ٨٠ سم .

$$\begin{aligned}
 L &= 4.80 \text{ m} \\
 \text{Weight the base ( } W_4 \text{ )} &= 4.8 \times .80 \times 2.5 = 9.6 \text{ ton} \\
 \text{Load on soil / m}^2 \text{ ( } F \text{ )} &= \frac{W_4 + VR}{L \times 1.00} = \frac{9.6 + 21.65}{1.00 \times 4.8} = 6.51 \text{ ton / m}^2 < 10 \text{ ton / m}^2 \\
 M_{X-X} &= ( F \times \bar{X} \times 1.00 \times \frac{\bar{X}}{2} ) - ( t \times 1.00 \times \bar{X} \times 2.5 \times \frac{\bar{X}}{2} ) \\
 &= ( 6.51 \times 1.84 \times 1.00 \times \frac{1.84}{2} ) - ( .80 \times 1.00 \times 1.84 \times 2.5 \times \frac{1.84}{2} ) = 7.635 \text{ m.t} \\
 \text{Check d when } f_c &= 55 \text{ kg / cm}^2 \text{ \& } K_1 = .334 \text{ \& } K_2 = 1227 \\
 d \text{ to B.M} &= K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{763500}{100}} = 29 \text{ cm say } 35 \text{ cm} \\
 d \text{ to shear} &= \frac{1.84 \times 6.51}{1.00 \times .87 \times 5} = \frac{12040}{100 \times .87 \times 5} = 27.67 \text{ cm take } T \ 50 \text{ cm} \\
 A_s &= \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{763300}{1227 \times .87 \times 50} = 14.30 \text{ cm}^2 \text{ take } 11\phi 13 / \text{m} \\
 A_s &= .015\% \text{ AC} = \frac{15 \times 480 \times 50}{10000 \times 2} = 18 \text{ cm} = 26\phi 10 \text{ mm in top \& bottom} \\
 M_{X-X} \text{ when depth of base .50 m} &= ( 6.51 \times 1.84 \times 1.00 \times \frac{1.84}{2} ) - ( .50 \times 1.00 \times 1.84 \times 2.5 \times \frac{1.84}{2} ) = 8.914 \text{ m.t} \\
 A_s &= \frac{M}{K_2 \times .78 T} = \frac{891400}{1227 \times .87 \times 50} = 16.70 \text{ cm}^2 = 13\phi 13 / \text{m} \\
 \text{load on soil / m}^2 &= \frac{\text{weight of base } w_4 + \text{weight of wall}}{1.00 \times 4.80} \\
 &= \frac{4.8 \times .50 \times 2.5 + 21.6}{1.00 \times 4.8} = 6.04 \text{ ton / m}^2 < 10 \text{ ton / m}^2
 \end{aligned}$$

لا داعى فى القواعد الخرسانية المسلحة لرسم المحصلة لأنها لن تخرج عن نطاق هذا الحساب ولا داعى لتغيير حساب القص .

نموذج المثال  
تصميم قاعدة سند زائفة المسور في الجدران



vertical sec. to reinforced concrete  
foundation example no.(8)



stress diagram

نموذج رقم ٩ :

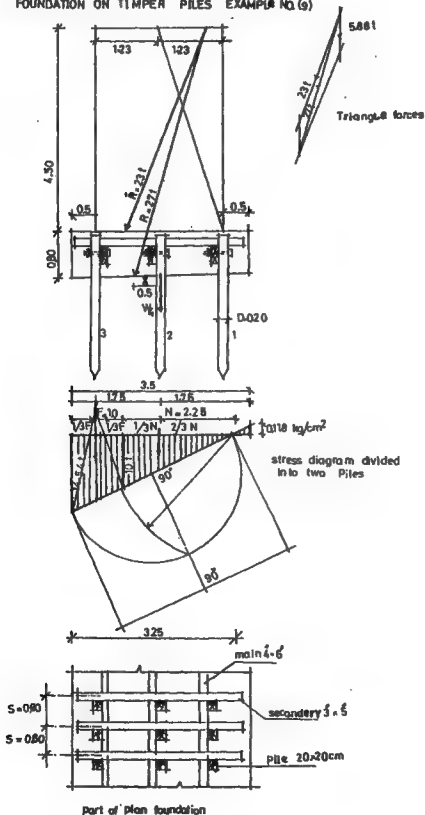
المطلوب تصميم قاعدة على خوازيق من الخشب بقطاع  $20 \times 20$ ، والخازوق الواحد يتحمل ١٢ طن وذلك للحائط التي بالمثال رقم (٦) بجميع أحماله والذي سبق رسم (Force polygon) هذه الأحمال والمسافة بين كل خازوقين من المحور إلى المحور  $S = 60$  سم علماً بأن هذه القاعدة لا تستعمل إلا في البلاد التي بها أخشاب كثيرة .

#### Design of foundation

|                |                                       |                 |
|----------------|---------------------------------------|-----------------|
| Pile           | = 20 x 20                             |                 |
| S              | = 3D                                  | = .60 m         |
|                | H                                     | H               |
| T              | = $\frac{5}{5}$ or $\frac{6}{6}$      | take it = .80 m |
| weight of wall | = 21.65 ton                           | = 21.65 ton     |
| $w_4$          | = 3.5 x .80 x 2.1 x 1.00              | = 5.88 ton      |
| Total VR       | = 21.65 + 5.88                        | = 27.53 ton     |
| X              | = .50 m from drawing                  | = .50 m         |
| $F_2^I$        | = $\frac{VR}{A} (1 \pm \frac{6X}{b})$ |                 |

$$\begin{aligned}
 F_2^I &= \frac{-27.53}{1.00 \times 3.5} \left( 1 \pm \frac{6 \times .50}{3.5} \right) \\
 F_1 &= -7.86 \times 1.85 \\
 F_2 &= 7.86 \times .15
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 &= -14.54 \text{ ton / m}^2 \\
 &= +1.18 \text{ ton / m}^2
 \end{aligned}$$

المخطط التاسع : تصميم قاعدة خرسانة عمودية على أساس خرصاني لمبنى ساكن من الطوب  
 FOUNDATION ON TIMBER PILES EXAMPLE NO (9)



To get number of compression piles use equation  $N = \frac{A \times S}{F_c}$  =

$$N = \frac{14.54 \times 3.25 \times 0.6}{2 \times 12} = 1.18 \text{ pile take two piles}$$

To get number of tension pile =  $\frac{1.18 \times 0.50}{2 \times 12} = 0.2 \text{ pile take or neglect it}$

Check on compression piles :

pile No ( 3 ) =  $\frac{14.5 + 10}{2} \times 1 \times .60 = 7.35 \text{ ton} < 12 \text{ ton}$

pile No ( 2 ) =  $\frac{2.25 \times 10}{2} \times .60 = 6.75 \text{ ton} < 12 \text{ ton}$

Note total dimension taken from drawing .

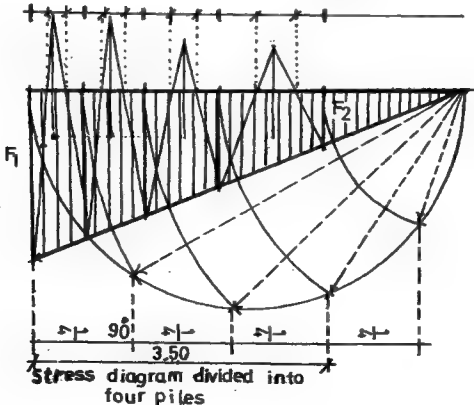
حيث :  $N =$  عدد الخوازيق .

$S =$  المسافة بين كل خوازيق = ٦٠ سم .

$F_c =$  ما يتحملة الخازوق الواحد بالطن = ١٢ طن .

**ملحوظة : (١)** لاستنتاج ما يتحملة الخازوق الواحد يتم عمل الرسم لخازوقيين كما هو موضح بالرسم وفي حالة وجود أكثر من خازوقيين يستعمل الرسم الثاني وهو مقسم إلى أربعة خوازيق ويعتبر ما يتحملة الخازوق الواحد هو مساحة شبه المنحرف أو المثلث ويكون موضع الخازوق في مركز ثقل المثلث أو شبه منحرف وإذا كان مثلثاً فمن المعروف أن مركز ثقل المثلث يقع في ثلث الارتفاع من ناحية القاعدة تقريباً وأما شبه المنحرف فيقسم قاعدة شبه المنحرف الأفقية إلى ثلاثة أقسام متساوية ثم يتم توصيل أركان القاعدة السفلى لهذه النقاط بنقطة التلاقى هي مركز ثقل شبه المنحرف وذلك التوزيع يحدث للقاعدة إذا كان بها Eccentricity فقط أما إذا كان العمود محورياً مع القاعدة فكل خازوق سيتحمل مثل الآخر .

**٢ -** استعمل الخازوق الثالث لعمل توازن مع القاعدة وإذا كان هناك بعض الشد أو الضغط يتحملة هذا الخازوق وكان من الممكن عدم استعماله ولكن في تنفيذ القاعدة الخشبية لابد من استعماله .



### Notes to pile foundation for retaining R.C piles.

Pile foundation for retaining walls is used when good soil is deep or when sufficient width foundation is not available -

R = resultant of R' & W<sub>4</sub>. Suppose it falls outside middle third of the base -

Stress diagram with be two triangles get F<sub>1</sub> & F<sub>2</sub>, A<sub>1</sub> & A<sub>2</sub>.

$$N_1 = \frac{A_1 S}{F_c} \quad \& \quad N_2 = \frac{A_2 S}{F_t}$$

Where :

- S = spacing of pile rows
- N = number of piles
- F<sub>c</sub> = capacity of pile in compression
- F<sub>t</sub> = capacity of pile in tension

Divide A<sub>1</sub> into N<sub>1</sub> equal areas & place compression pile at C.G of each strip area & place N<sub>2</sub> tension piles to resist tension zone of stress diagram .

نموذج رقم ١٠ :

المطلوب تصميم قاعدة من الخرسانة المسلحة مرتكزة على خوازيق من الخرسانة المسلحة الذى يحمل بأمان لقوى الضغط ١٥ طن ، ١٠ طن لقوى الشد وذلك للحائط الذى بالمثال رقم (٦) بجميع أحماله والذى سبق رسم ( Force polyogen ) هذه الأحمال والمسافة بين كل صف من الخوازيق (3.D). ٦٠ سم مع الأخذ فى الاعتبار ما تم شرحه عن هذه الخوازيق بالملاحظات السابقة.

### Design of foundation

|                |   |               |
|----------------|---|---------------|
| Pile           | = 20 x 20 cm  |               |
| S              | = 3D = 3 x 20   | = .60 m       |
| T              | = 60 cm   | = .60 m       |
| VR             | =   | = 21.65 ton   |
| W <sub>4</sub> | = 3.5 x .60 x 2.5   | = 5.25 ton    |
| x              | = .55 m from drawing  | = .55 m       |
| F <sub>2</sub> | $= \frac{VR}{A} \left( 1 \pm \frac{6x}{b} \right)$<br>$= \frac{-21.65 + 5.25}{3.5 \times 1.00} \left( 1 \pm \frac{6 \times .55}{3.5} \right)$ |               |
| F <sub>1</sub> | = - 7.69 x - 1.94   | = + 14.91 ton |
| F <sub>2</sub> | = - 7.69 x + 0.6  | = - .46 ton   |

To get number of compression pile use equation N =

$$N = \frac{\frac{A.S}{F_c}}{\frac{14.91 \times 3.5 \times 0.6}{2 \times 15}} = 1.04 \text{ pile}$$

Check of compression piles :

$$\text{pile No ( 3 )} = \frac{14.91 + 11}{2} \times 1.00 \times .60 = 7.74 \text{ ton} < 15 \text{ ton}$$

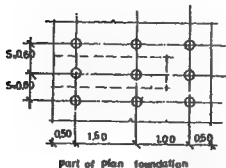
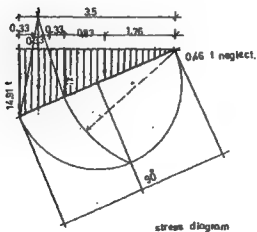
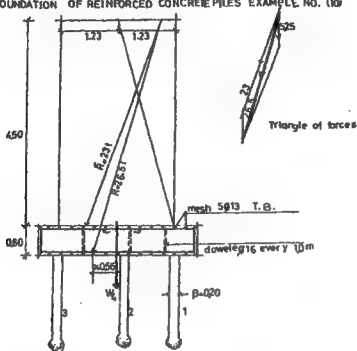
$$\text{pile No ( 2 )} = \frac{11 \times 2.5}{2} \times 1.00 \times .60 = 8.25 \text{ ton} < 15 \text{ ton}$$

Check of shear to base :

$$\text{pile No (3)} = q_s = \frac{Q_s}{b \times .87d} = \frac{7740}{60 \times .87 \times .60} = 2.47 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{pile No. (2)} &= \frac{8250}{60 \times 87 \times 60} = 2.63 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2 \\ \text{Approximately } A_s &= 0.2 \% A_c = \frac{60 \times 350 \times 2}{1000} = 42 \text{ cm}^2 \text{ take mech top \& bottom} \\ &5\phi 13 / \text{m}^2 \end{aligned}$$

المحور ٤، المعاصر، تصميم قاعدة سد الزمانه بالسور مركزه على محور المجر  
FOUNDATION OF REINFORCED CONCRETE PILES EXAMPLE NO. (10)



١ ملحوظة :

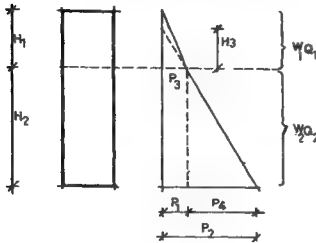
الخازوق رقم واحد وضع للاتزان أو لتحمله بعض الأحمال القليلة .

سابعاً :

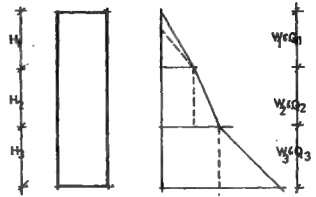
تأثير وجود طبقات مختلفة من التربة في الوزن والنوع على الحائط الساند .

The effect of the existence of different layers of soil that differ in weight & kind .

تأثير وجود طبقات مختلفة من التربة في الارتفاع وزاوية  
مقدمة الدعامات على الحائط الساند



TWO LAYERS



THREE LAYERS

$$\text{First: } P_1 = W_1 \times H_1 \left[ \frac{1 - \sin \phi_1}{1 + \sin \phi_1} \right] \quad \text{equation (1)}$$

Assume earth ( $H_1$ ) to be replaced by earth of characteristics of earth (2) with a certain height ( $H_3$ ) that will give at level ( $\chi$ ) a pressure equal to ( $P_1$ ).

$$P_3 = P_1 = W_2 H_3 \left[ \frac{1 - \sin \phi_2}{1 + \sin \phi_2} \right] \quad \text{equation (2)}$$

$$P_2 = \text{Pressure of soil of characteristics (2) with a height } (H_2 + H_3) \\ = W_2 (H_2 + H_3) \left[ \frac{1 - \sin \phi_2}{1 + \sin \phi_2} \right] \quad \text{equation (3)}$$

$$P_4 = P_2 - P_1 = W_2 (H_2 + H_3 - H_3) \left[ \frac{1 - \sin \phi_2}{1 + \sin \phi_2} \right] \quad \text{equation (4)}$$

Now need for calculation  $H_3$  & follow the method :-

A - Find  $P_1$  from equation (1).

B - Draw vertical line downward .

C - Get  $P_4$  from equation (4) .

Total pressure = sum of two triangles and rectangle .

نموذج رقم (١١) :

المطلوب تصميم حائط ساند لنوعين من التربة المختلفة في الوزن وزاوية الاحتكاك الداخلية حسب الفروض الآتية :

التربة العليا :  $H_1 = ١١,٨$  م ،  $W = ١,٤٠$  طن / م<sup>٣</sup> ، زاوية الاحتكاك = ٣٠° .

التربة السفلى :  $H_2 = ٢,٧$  م ،  $W = ٢,٢$  طن / م<sup>٣</sup> ، زاوية الاحتكاك = ٣٥° .

وزن الطوب = ٢ طن / م<sup>٣</sup> .

جهد الضغط على الطوب = ٥ كجم / سم<sup>٢</sup> .

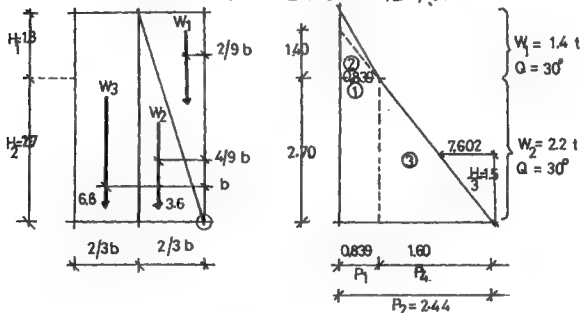


### Design of retaining wall

أولاً : لاستنتاج القوى المؤثرة والناتجة عن الترتين المختلفين :

- ١ - حساب قوى التربة الضعيفة العلوية ويتبع عنها  $P_3$  وتساوى  $P_1 = 839$  طن .
- ٢ - إسقاط هذه النقطة رأساً إلى أن تلتقى قاعدة المثلث رقم (٣) ويظهر المستطيل ( رقم ١ ) الذى قاعدته ٨٣٩ طن .
- ٣ - استخراج قيمة  $H_3$  من المعادلة  $P_3 = P_1$  ويظهر المثلث رقم ٣ الذى ارتفاعه ١,٤٠ .
- ٤ - استخراج قيمة  $P_2$  وهو للتربة السفلية الثقيلة التى تحمل محل التربة العليا بوزنها ٢,٢ طن ويظهر المثلث رقم (٣) .
- ٥ - طرح  $P_1 - P_2$  ويظهر قاعدة المثلث رقم (٣) .
- ٦ - تجميع جميع الضغوط للمستطيل رقم (١) والمثلث رقم (٢) والمثلث رقم (٣) .
- ٧ - جميع النتائج السابقة من الحساب التالى : -

تصميم مائل أساس من الطوب لتوزيعه فى الوزن وزاوية  
درجته الممكنة على الحائط الأساس



$$P_1 = W_1 \times H_1 \left[ \frac{1 - \sin \phi_1}{1 + \sin \phi_1} \right] = 1.8 \times 1.4 \left[ \frac{1 - .50}{1 + .50} \right] \quad \text{معادلة رقم (١)} = .839 \text{ ton}$$

$$P_3 = P_1 = W_2 \times H_3 \left[ \frac{1 - \sin \phi_2}{1 + \sin \phi_2} \right]$$

$$.839 = 2.2 \times H_3 \left[ \frac{1 - .574}{1 + .574} \right] = 2.2 \times H_3 \left[ \frac{.426}{1.574} \right]$$

$$H_3 = \frac{.839}{0.594} = 1.41 \text{ m}$$

$$P_2 = W_2 (H_2 + H_3) \left[ \frac{1 - \sin \phi_2}{1 + \sin \phi_2} \right] = 2.2 (2.7 + 1.41) \left[ \frac{.426}{1.574} \right] \quad \text{معادلة رقم (٣)} = 2.44 \text{ ton}$$

$$\text{Total pressure} = \text{rectangle (1)} + \text{triangle (2)} + \text{triangle (3)} .$$

$$\text{pressure of rectangle (1)} = 2.7 \times .839 = 2.262 \text{ ton}$$

$$\text{pressure of triangle (2)} = \frac{.839 \times 1.4}{2} = 0.587 \text{ ton}$$

$$P_4 = P_2 - P_1 = 2.44 - 0.839 = 1.6 \text{ ton}$$

$$\text{pressure of triangle (3)} = \frac{1.6 \times 2.7 \times 2.2}{2} = 4.75 \text{ ton}$$

$$\text{Total pressure} = 2.262 + 0.587 + 4.550 = 7.602 \text{ ton}$$

ثانياً : تصميم الحائط يتبع الآتي :

$$\text{weight of the medium of two soils} = \frac{1.8 \times 1.4 + 2.7 \times 2.2}{2} = 1.88 \text{ ton / m}^3$$

$$w_1 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times w = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 1.88 = 2.82.b \text{ ton}$$

$$w_2 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times w = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 2 = 3.b \text{ ton}$$

$$w_3 = \frac{2}{3} b \times H \times w = \frac{2}{3} b \times 4.5 \times 2 = 6.b \text{ ton}$$

$$B.M = O = \text{sum of all moments} = O = (w_1 + w_2 + w_3) \times .75 \text{ breadth} \therefore \frac{4}{3} b \times \frac{3}{4} = b$$

$$\begin{aligned} B.M &= 7.602 \times \frac{4.5}{3} + w_1 \times \frac{2}{9} b + w_2 \times \frac{4}{9} b + w_3 b = (w_1 + w_2 + w_3) b \\ &= 7.602 \times 1.5 + 2.82.b \times \frac{2}{9} b + 3.b \times \frac{4}{9} b + 6.b \times b \\ &= 11.403 + .626 b^2 + 1.33b^2 + 6.b^2 \\ &= 11.403 + 7.959b^2 - 11.82 b^2 \\ &= - 3.861.b + 11.403 \\ \therefore b^2 &= \frac{11.403}{3.881} = 2.95 \end{aligned}$$

$$b = \frac{1.718}{1} = 1.718 \text{ m}$$

Check of stress :

$$\begin{aligned} w_1 &= 2.82 \times 1.718 = 4.844 \text{ ton} \\ w_2 &= 3 \times 1.718 = 5.154 \text{ ton} \\ w_3 &= 6 \times 1.718 = 10.308 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Total weight} = 4.844 + 5.154 + 10.308 = 20.306 \text{ ton}$$

$$\text{The breadth of base} = \frac{4}{3} \times 1.718 = 2.29 \text{ m}$$

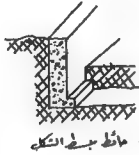
$$F = \frac{2N}{A} = \frac{2 \times 20306}{229 \times 100} = 1.773 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

## الباب الثالث

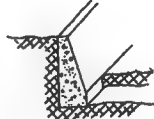
### الحوائط الساندة من الخرسانة العادية المسلحة

أولاً : الحوائط الساندة من الخرسانة العادية :

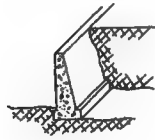
والتي تفرض لها أبعاد تقريبية وقاعدة الحوائط مضممة مع الحائط نفسه والأشكال التالية تبين بعض نماذج هذه الحوائط



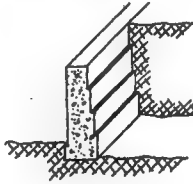
أ - حائط بطنه انكسار



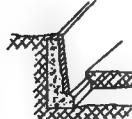
ب - حائط ذو وجه أمامي مائل



ج - حائط ذو وجه خلفي مائل



د - حائط ذو وجه خلفي مسطح



هـ - حائط ذو وجه أمامي مسطح

يمكن تبين نماذج حوائط كتلية من الخرسانة العادية

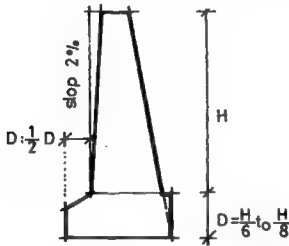
سبق أن تكلمنا عن الحوائط الساندة المبنية من الطوب بالطريقة التي يستتج منها أبعاد القاعدة والآن سنلقى الضوء على الحوائط المصنوعة من الخرسانة العادية والتي سيقترض لها أبعاد تقريبية ثم يتم عمل Check على هذا الحائط لإظهار هل الأبعاد التي فرضت تفي أم يفاد فرض أبعاد أخرى تفي بالإجهادات المطلوبة وتنحصر هذه الفروض في الآتي :

يمكن أخذ أبعاد الحوائط المبنية من الخرسانة العادية وهي من النوع الثقيل وعادة تأخذ شكل شبه منحرف ويكون الوجه الظاهر منها مائل من أسفل إلى أعلا بمقدار ١ : ٤ وأبعاد القاعدة تختار بحيث تقع محصلة وزن الحائط والأثرية وضغط التربة

في الثلث الأوسط للقاعدة ويختار سمك الحائط العلوي بقيمة  $\frac{H}{12}$  على أن لا يقل عن ٣٥ سم ونظراً لجساسة هذه القطاعات فإن الإجهادات الناتجة عن وزن الحائط وتأثير ضغط التربة سيكون غالباً منخفضاً وعليه فإن خرسانة الدقشوم أو الخرسانة العادية تكون مناسبة لهذا النوع من الحوائط وعادة ما يكون أكثر القطاعات حرجاً ذلك الذي يربط القدم ببقية الحائط وعليه فيجب حساب إجهادات الشد في أسفله وتكون حركة الحائط الساندة مكونة من مركبتين : إنزلاق إلى الخارج ودوران حول القدم مما يسبب حركة كبيرة نسبياً للنصف العلوي من الحائط وبسيطة للنصف السفلي نظراً لصغر مركبة الدوران قرب القاعدة .

Q35

أبعاد تقريبية لحائط ساند من الخرسانة العادية



Q50 : 070 H  
Imperial Deimension

تصميم الحوائط الثقيلة :

تحسب القوى المؤثرة على الحوائط الثقيلة لمر واحد علماً بأن القوى المؤثرة على حائط ثقيل يتم حسب ضغط التربة الإيجابي باستخدام ( نظرية رانكين ) التي تفترض أن الحائط الرأسى ينتهى عند الطرف السفلى للكعب واتجاه الضغط موازى لسطح التربة . ويكون محصلة ضغط التربة هو المجموع الإتجاهى ( sum - vectors ) للقوة P ووزن مثلث التربة على ظهر الحائط  $W_p$  لتعطى مقدار واتجاه ضغط التربة وتحديد توزيع ضغط التربة على القاعدة السفلية للحائط تؤخذ العزوم للقوى المؤثرة ( وزن الحائط وضغط التربة حول قدم الحائط Toe ) ومن ذلك العزم يحدد بعد المحصلة عن القدم  $X$

$$X = \frac{\text{sum of moment about the toe}}{\text{sum of vertical forces}}$$

ويحسب معامل الأمان ضد الاتزان من نسبة قوى المقاومة إلى قوى التحرك ويجب ألا يقل عن ١,٥٠ للردم الرملى وعن ٢ للردم الطينى .

$$F_{SL} = \frac{\text{sum of resisting forces}}{\text{sum of driving forces}} \approx 1.5$$

ويجب أن يكون استقرار الحائط الساندة مضموناً بصورة تقريبية ، ضد الانقلاب  $\frac{M_{st}}{M_{ov}} > 1.5$  والزحف استناداً إلى العلاقة التالية :

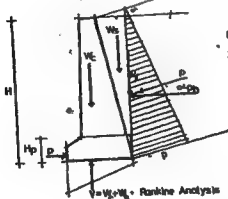
$$\frac{M_{st}}{M_{ov}} > 1.5$$

حيث  $M_{st}$  = عزم الاستقرار

$M_{ov}$  = عزم الانقلاب الناجم عن ضغط

والمأخوذ حول الحافة الأمامية للقاعدة

تحديد أبعاد الحائط الساند بطريقة رانكين



$$P_a = p \sin \alpha$$

$$P_h = p \cos \alpha$$

$$P_v = \frac{1}{2} W_p \sin \alpha$$

$V = W_s \cos \alpha$  Rankine Analysis

وبعملية  $x^-$  تحدد اللامركزية  $x$  المؤثر على القاعدة فإذا كان عرض القاعدة B فإن  $x$  تحسب من

$$x = \frac{L}{2} - x^-$$

وبعملية  $x$  يمكن رسم توزيع ضغط التماس بين القاعدة والتربة وبذلك يكتمل تحديد القوى على الحائط الثقيل .

الفرق بين تصميم الحائط السائد من الطوب السابق دراسته وبين تصميم الحائط السائد من الخرسانة العادية :

١ - في أمثلة الحوائط المبينة من الطوب كانت تأخذ العزوم حول كعب الحائط وهي نقطة (O) وكنا نستج (b) المجهولة

البعد وكانت (b) يبعد عن (O) بمقدار  $\frac{2}{3}$  عرض الحائط أو  $\frac{3}{4}$  عرض الحائط وبذلك يضمن أن المحصلة تقع في الـ (middle third) أو الـ (middle fourth) .

٢ - في الحوائط الخرسانية العادية سيفرض أبعاد تقريبية ويأخذ العزوم حول قدم الحائط (Toe) مقسوماً على إجمالى الأحمال يظهر  $x^-$  وهى المسافة بين نهاية قدم الحائط والمحصلة .

٣ - ربما الأبعاد التى حدد للحائط الخرساني لا يفي فيعاد أبعاد أخرى .

### المؤذج الثاني عشر :

المطلوب تصميم حائط من الخرسانة العادية لسند ردم ارتفاعه ٤,٧٠ م ذات سطح أفقى ومكون من تربة طميية رملية متناسكة ذات زاوية احتكاك داخلى يساوى ٣٠° والوزن النوعى للتربة يساوى ١,٨ طن / م<sup>٣</sup> ويعطى عمق أساس مقدر ١,٣٠ م من سطح الحفر والتربة التحتية من نفس نوع الردم وأن الميل الخارجى ٢٥:١ علماً بأن وزن الخرسانة العادية ٢,٢ طن/م<sup>٣</sup> وعلى الحائط حمل موزع بانتظام  $\frac{1}{2}$  طن / م<sup>٣</sup> والتربة ذات تماسك ٨ طن / م<sup>٣</sup> وجهد التربة الخالص ٢٥ طن / م<sup>٣</sup> .

The distribution load

The distance of exterior inclined =  $(6m - 0.80m) \times \frac{1}{25}$

H = 4.70 + 1.30

Let L = .55 x H = .55 x 6

Let stem thickness at top

The solution

$$= 1.5 L / m^2$$

$$= 0.22 m$$

$$= 6 m$$

$$= 3.3 m$$

$$= 0.5 m$$

ملحوظة :  $K_p$  مقلوب  $K_a$  ،  $K_a = \frac{1}{3}$

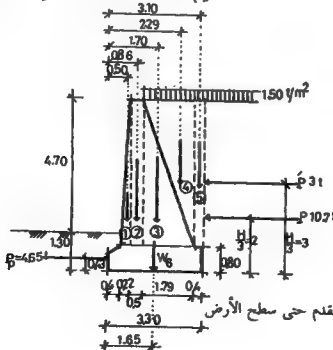
$$P_p = \frac{1}{2} w H_p \times k_p$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.8 \times 1.3^2 \times 3 = 4.65 \text{ ton}$$

act at  $H_p / 3$

### المؤذج الثاني عشر

تصميم حائط ساند من الخرسانة العادية بأبعاد متناسكة



حيث :

$P_p$  = القوة المقاومة للاتزلاق

$W$  = وزن التربة التى أمام القدم

$H_p$  = ارتفاع الأتربة من بطن القاعدة أمام القدم حتى سطح الأرض

$K_p$  = مقلوب  $K_a$  ،  $3 = K_p$

$$P = \frac{WH^2}{2} \left( \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right) = 1.8 \times \frac{6^2}{2} \times \frac{1}{3} \quad \text{acting at} \quad \frac{H}{3} = 10.8 \text{ ton}$$

$$P^- = W^- \times H \left( \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right) = 1.5 \times 6 \times \frac{1}{3} \quad \text{acting at} \quad \frac{H}{2} = 3. \text{ ton}$$

$$W_1 = \frac{.22 \times 5.20}{2} \times 2.2 = 1.25 \text{ ton}$$

$$W_2 = 5.20 \times .50 \times 2.2 = 5.72 \text{ ton}$$

$$W_3 = \frac{1.79 \times 5.20}{2} \times 2.2 = 10.23 \text{ ton}$$

$$W_4 = \frac{1.79 \times 5.20}{2} \times 1.8 = 8.38 \text{ ton}$$

$$W_5 = .40 \times 5.20 \times 1.8 = 3.75 \text{ ton}$$

$$W_6 = .80 \times 3.3 \times 2.2 = 5.81 \text{ ton}$$

$$\Sigma V = 1.25 + 5.72 + 10.23 + 8.28 + 3.75 + 5.81 = 35.14 \text{ ton}$$

$$\Sigma M = \text{toe} = 1.25 \times .50 + 5.72 \times .86 + 10.23 \times 1.70 + 8.38 \times 2.29 + 3.75 \times 3.10 + 1.65 \times 5.81 + 4.65 \times .43 - 10.8 \times 2 - 3 \times 3$$

$$= 0.62 + 4.91 + 17.39 + 19.19 + 11.62 + 9.59 + 1.99 - 21.6 - 9 = 32.71 \text{ m.t}$$

Check of over turning :

$$F_{ov} = \frac{M_{st}}{M_{ov}} \geq 1.5 = \frac{0.62 + 4.91 + 17.39 + 19.19 + 11.62 + 9.59}{-21.6 - 9} = \frac{61.32}{30.60} = 2.003 \geq 2$$

حيث إن :

$F_{ov}$  = معامل أمان التحرك .

$M_{st}$  = العزم الحافى للقوى التي تعمل على الاستقرار ( مجموع عزم القوى الرأسية ) .

$M_{ov}$  = العزم الحافى للقوى التي تعمل على التحرك ( مجموع عزم القوى الأفقية ) .

To get eccentricity :

$$x^- = \frac{\Sigma M}{\Sigma y} = \frac{32.71}{35.14} = 0.93 \text{ m}$$

$$x = \frac{L}{2} - x^- = \frac{3.3}{2} - 0.93 = 0.72 \text{ m} \quad > \frac{L}{6} < \frac{L}{4}$$

حيث  $\Sigma M$  = مجموع قوى العزم عند القدم ( toe ) .

$\Sigma Y$  = مجموع الأحمال الرأسية .

$x^-$  = بعد المحصلة عن القدم .

$x$  = اللامركزية بين المحصلة ومتصف القاعدة .

$$\text{moment about middle of Base} = \Sigma V \times x \therefore 72 \times 35.14 = 25.30 \text{ m.t}$$

لإستنتاج الجهد على التراب تستعمل القوانين الآتية :

$$F_2 \frac{VR}{A} \pm \frac{6M}{bt^2} = \frac{VR}{L} \pm \frac{6M}{L^2} \quad \text{أو} \quad F_2' \frac{-VR}{L} \left( 1 \pm \frac{6x}{L} \right) - 1$$

ونظراً لأن هاتين المعادلتين لا تستعملان إلا في حالة ما إذا كان  $X$  أقل من أو تساوى  $\frac{L}{3}$  والانفصال بين القاعدة والترية يتكون عند الكعب وفي تلك الحالات يكون عرض التماس بين القاعدة والترية مساوٍ لثلاث مرات بعد المحصلة عن القدم وتقارن قيمة الإجهاد الأكبر  $F$  وتستعمل المعادلة التالية :

$$F = \frac{\frac{2}{3} V \cdot \frac{L}{2} - x \cdot \frac{L}{2}}{\left[ \frac{L}{2} - x \right]}$$

$$F_1^2 = \frac{-VR}{L} \left( 1 \pm \frac{6x}{L} \right) = \text{(Middle third)}$$

$$= \frac{-35.14}{3.3} \left( 1 \pm \frac{6 \times .72}{L} \right) = -10.64 \pm 13.92 \therefore F_1 = +24.56 \text{ ton/m}^2 \text{ \& } F_2 = -3.28 \text{ ton}$$

هذا الجهد عالى وعليه سنزيد طول القاعدة بمقدار ٢٥ سم من ناحية القدم مع استمرار جميع الحسابات التى تمت مع إضافة  $X, 25$  بمقدار العزم الحافى ويعد الحساب بالطريقة الآتية مع عدم تغير  $(\Sigma V)$

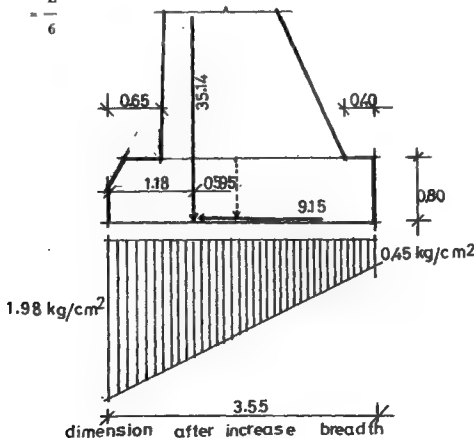
$$\Sigma M_{\text{toe}} = \Sigma M + .25 \times \Sigma V$$

$$\Sigma M_{\text{toe}} = 32.71 + .25 \times 35.14 = 32.71 + 8.78 = 41.49 \text{ m.t}$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma M}{\Sigma V} = \frac{41.49}{35.14} = 1.18 \text{ m}$$

$$x = \frac{L}{2} - \bar{x} = \frac{3.55}{2} - 1.18 = 0.595 \text{ m}$$

$$\therefore x = 595 = \frac{L}{6}$$



$$F_2' = \frac{-VR}{L} (1 \pm \frac{6x}{L}) = \frac{35.14}{3.55} \pm \frac{35.14 \times 6 \times .595}{3.55 \times 3.55} = -9.89 \pm 9.95$$

$$F_1 = +19.84 \text{ ton} / \text{m}^2 = 1.984 \text{ kg} / \text{cm}^2 < 2.5 \text{ kg} / \text{cm}^2 \text{ \& } F_2 = +.45 \text{ ton} / \text{m}^2$$

$$\text{Check of ordinary concrete} = \frac{35140 \times 2}{355 \times 100} = 1.96 \text{ kg} / \text{cm}^2 < 2.2 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

من الممكن إعادة الحساب على أساس القاعدة ٣,٥٥ وفي هذه الحالة سيزيد مقدار العزم الحائى الناتج من الأحمال الرأسية وسيظل العزم الحائى الناتج من القوى الأفقية ثابت وبهذا سيصبح  $X$  أقل من القيمة المعطاه سابقاً وهذا يعطى أمان أفضل .

**Check of sliding :** يكون استقرار الحائط الساند مضموناً بصورة تقريبية بإحدى المعادلتين التاليتين :

$$(I) F_{SL} \frac{\Sigma V \times F}{P} \geq 1.2 = \frac{35.14 \times .55}{13.8} = 1.40 \geq 1.2 \text{ مواصفات روسية 2, 1}$$

حيث :

$$\Sigma V = \text{مجموع الأحمال الرأسية} = 35.14 \text{ ton}$$

$F$  = معامل احتكاك الخرسانة مع التربة ويوجد مساوياً لما يتراوح في حدود ٣, إلى ٦, وتبعاً لنوع وحالة التربة ( التربة رملية طمية ) = ٠,٥٥ .

$$P = \text{مجموع القوى الأفقية} = ١٠,٨ + ٣ = ١٣,٨ \text{ طن} .$$

حسب الكود المصرى : معامل الأمان ضد الانزلاق إلى الأمام .

معامل الأمان لا تقل عن (٢) =  $\frac{\text{القوى المقاومة للانزلاق على مستوى قاع القاعدة}}{\text{القوى المسببة للانزلاق على مستوى قاع القاعدة}}$  لا تقل عن (٢) .

$$\begin{aligned} \text{Driving force} &= P + P' = 10.8 + 3 = 13.08 \text{ ton} \\ \text{Resisting force} &= P_p + \Sigma y \tan \phi \text{ let } \phi 30 \\ &= 4.65 + 35.14 \times 0.577 = 20.27 \\ &= \frac{20.27}{13.08} = 1.550 \geq 1.50 \end{aligned}$$

حيث

هناك بعض المواصفات تنص على أنه إذا كانت التربة عند الـ toe مقلقلة ولم يوجد  $P_p$  والأرض تحت القاعدة لها جهد تماسك

(C) جيد فيمكن قسمة  $\frac{\text{resisting force}}{\text{driving force}}$   $< 1.5$  ولكن في حالتنا هذه  $P_p$  موجودة لأن التربة عند الـ toe غير مقلقلة ولكن لو أهملنا هذه القوة تكون النتيجة الآتية :

$$\begin{aligned} \text{Resisting force} &= 3.55 \times 8 \times .75 = 21.3 \text{ ton} \\ \text{driving force} &= 3 + 10.8 = 13.8 \text{ ton} \\ F_{SL} &= \frac{21.3}{13.8} = 1.54 < 1.5 \end{aligned}$$

حيث :

$$3.55 = \text{طول القاعدة} .$$

$$8 = \text{تماسك التربة} = C$$

$$.75 = \text{نسبة من تماسك التربة} = C'$$

$$13.8 = \text{مجموع القوتين الأفقيتين الناتجتين عن التربة للحائط الساند} .$$

كما يلاحظ إهمال قوة الشد  $P_p$  التى تولد في الطبقة السطحية من التربة لعمق  $Z_0$  ( في حالة ضغط التربة الفعال ) ويمكن حساب هذا العمق  $Z_0$  نظرياً من المعادلة التالية :

$$Z_0 = \frac{2c}{W \sqrt{K_a}}$$



حيث :

$$C = \text{تماسك التربة} .$$

$$K_a = \text{معامل ضغط التربة الفعال} = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

$$\frac{1}{K_a} = K_p$$

$$W = \text{الوزن النوعي للتربة} .$$

ومن المشاهدات في الطبيعة فإن العمق  $Z_0$  لا يتجاوز نصف ارتفاع الحائط .

وبعض المراجع ترى أن ميل القاعدة الخرسانية من أسفلها حوالى ٧ درجات إلى الداخل قد تفيد الانزلاق .

$$\text{أما التماسك } C \text{ فيؤخذ كنسبة من تماسك التربة } C \text{ حيث } C = 0.6 - 0.8$$

والسبب في تخفيض قيمة  $C$  عن قيمة  $C$  هو القلقة التي تصاحب إنشاء الحائط وأن التربة الطينية لن تتمكن بسهولة استعادة قيمة التماسك مع القاعدة .

ونحسب معامل الأمان  $F_{SL}$  ضد الإتران من نسبة قوى المقاومة إلى قوى التحرك ويجب ألا تقل عن ١,٥٠٠ للردم الرمل وعن ٢ للردم الطيني .

### ثانياً : الحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة : Reinforced retaining wall concrete

ما سبق أن تم دراسته هو الحوائط الساندة من المبانى ومن الخرسانة العادية وستعرض إلى دراسة الحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة وسنكتفى بمل مثالين فقط .

١ - حائط ساند من الخرسانة المسلحة Cantilever .

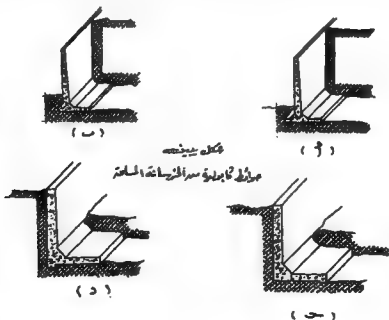
٢ - حائط ساند ذو دعائم counter - forts

وسنلقى الضوء على أعمال الحوائط الساندة للخرسانة المسلحة إجمالاً .

#### أنواع الحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة :

الحوائط من الخرسانة المسلحة هو نوع خاص من الحوائط الثقالية تعتمد في اتزانها على وزن التربة فوق كعبها ( heel ) ويمكن تقسيم هذه الحوائط إلى الأنواع الآتية :

١ - حوائط كابولية وهى عبارة عن بلاطة رأسية أو مائلة مرتبطة ملبثياً بقاعدة عبارة عن بلاطة أفقية والأشكال التالية تبين بعض أنواع حوائط كابولية من الخرسانة المسلحة ويستخدم هذا النوع من الحوائط بارتفاع حتى ٢٥ متر .

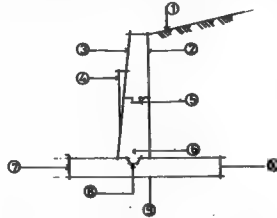


٢ - حوائط ذات دعومات خلفية (counter - forts) وهى عبارة عن بلاطة رأسية أو مائلة ترتبط بقاعدة عبارة عن بلاطة أفقية بواسطة دعومات خلفية ترتبط معها مليئياً ، كما هو موضح بالشكل التالى - ويمكن تخفيف الضغوط الجانبية على ساق الحائط بعمل بروزات أفقية (أرشف) مثبتة على الدعومات .

٣ - حوائط ذات دعومات أمامية (Butresses) وهى عبارة عن بلاطة رأسية أو مائلة ترتبط مع القاعدة ، عبارة عن بلاطة أفقية بواسطة سدادات أمامية ترتبط معها مليئياً .

ولكى يكون الحائط الساند ناجحاً فإنه يلزم أن يكون آمناً ضد الانقلاب over turning وكذلك ضد الدوران Excessive tilting وأخيراً يجب أن يكون ذا قطاعات اقتصادية وأمنة إنشائياً فى آن واحد وهناك بعض الاصطلاحات المصاحبة عادة للدراسة الأتزان وتصميم القطاعات والرسم التالى يبين الاصطلاحات لحائط ساند كابولى وتشمل تلك الاصطلاحات ما يلى :

الكابولي (السمك) stem ⑥  
 قسمة الحائط toe of wall ⑦  
 مقطع القاعدة key ⑧  
 القاعدة base ⑨  
 كسبة الحائط heel of wall ⑩

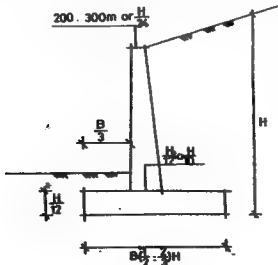


البرص والمخلف backfill ①  
 الخلف backface ②  
 الوجه الأمامى front face ③  
 الميل batter ④  
 مقاس الحائط key ⑤

الخطط مبنية على أساسية لمستخدم الحائط ساند كابولى

### القيم العملية لأبعاد الحوائط الكابولية : Cantilever wall

أبعاد الحوائط الساندة وتناسبها يجب أن يحقق الاتزان الإنشائى للحوائط وللترية المسنودة وأن يوافق الكود المصرى للمنشآت الساندة ويمكن استخدام هذه الأبعاد فى غياب معلومات كافية عن التربة المسنودة وقدرة تحمل التربة أسفل الأساس وهذه الأبعاد للاستدلال فقط ولكن يجب بدء الحساب بها ثم تعدل بعد إتمام الحساب النهاى إذ لزم ويختار سمك السلاح العلوى ٣٠٠ ملم وذلك لإمكان الصب والدمك ويختار السمك السفلى للكابولى لمقاومة إجهادات القص بدون الحاجة لتسليح خاص للقص . ويجب اختيار أبعاد القاعدة بحيث تقع المحصلة فى الثلث الأوسط من القاعدة حتى تتجنب الإجهادات العالية عند القدم . ويجب أن يكون هناك ميل الوجه الحائط على أن الحوائط ذات الارتفاعات التى تقل عن ثلاثة أمتار تنفذ بسمك ثابت وكذلك حوائط الأساسات وذلك لتقليل نفقات أعمال التجارة المسلحة . كما أن تحمل التربة أسفل القاعدة يكون ذا تأثير فى اختيار هذا العمق .



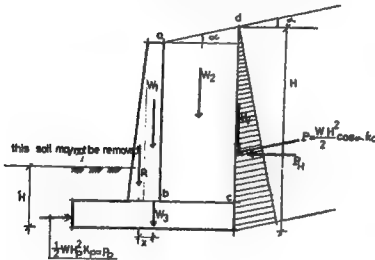
مقايير تقريبية لأبعاد حوائط كابولى  
 Empirical dimension to (R.C) retaining wall

## اتزان الحوائط :

لتصميم حائط ساند يلزم تحقيقه الاتزان الخارجى وأيضاً الاتزان الإنشائى وأن تكون القطاعات قادرة على تحمل الإجهادات المؤثرة عليها دون أن ينهار ويحدث الانهيار للحائط إذ ما انزلت إلى الأمام أو دارت حول قدم الحائط وانهارت تماماً أو مالت بدرجة كبيرة لا يمكن استخدام الحائط معه لخطورة ذلك أو لسوء منظره أو كليهما ويوضح الشكل التالى جميع القوى المؤثرة على الحائط وهى القوى المسببة للانزلاق والقوى المقاومة له ويجب أن يتوفر معامل أمان ضد الانزلاق كما سبق شرحه .

ويؤخذ ضغط التربة السلبى Passive pressure كقوة مقاومة للانزلاق إذا ما كان هناك ضمان بعدم حفر التربة أو إزالتها أو تعرضها للنحر من أمام قدم الحائط .

الوزن المؤثرة على حائط الساندة كبد من الخرسانة المسلحة  
FIRST OBSTACLE TO CANTILEVER WALL

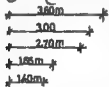


$$K_a = \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos \phi}}$$

$$\begin{aligned} P_h &= P \cos \alpha \\ P_v &= P \sin \alpha \\ W_1 &= \text{weight of soil abcd} \\ W_2 &= \text{weight of stem (reinforced conc)} \\ W_3 &= \text{weight of bas (reinforced conc)} \\ R &= W_1 + W_2 + W_3 + P_v \end{aligned}$$

## النموذج الثالث عشر :

المطلوب تصميم جائط كابولى من الخرسانة المسلحة لساند ردم لارتفاعه - ٥,٥ م وعمق التأسيس ١,٥٠ م ومكونة من تربة رملية طينية ذات زاوية احتكاك داخل ٣٠° ووحدة الأوزان ١,٨٠ طن / م³ والتربة تحت التأسيس مكونة من طبقة طينية متماسكة ذات تماسك وتساوى ٧ طن / م³ والوزن النوعى للتربة ١,٩ طن / م³ وميل الردم الخلفى ١٥° مع الأفقى .



النموذج الثالث عشر : تصميم حائط الساندة كبد من الخرسانة المسلحة  
EX (13) DESIGN CANTILEVER WALL FROM (R.C)

ملحوظة :

$$\frac{1}{2} W \cdot H_p^2 \cdot K_p \text{ act at } \frac{H_p}{3} = P_h$$

حيث

W = وزن المتر المكعب من التراب

H<sub>p</sub> = الارتفاع من بطن الأساس حتى سطح الأرضK<sub>p</sub> = مقلوب K<sub>a</sub>

$$\gamma \cdot \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = K_a \quad \text{حيث } \gamma = 1.5$$

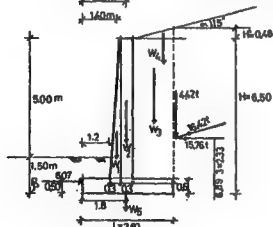
$$= 6.50$$

$$= .48 \text{ m}$$

$$= 6.98 \text{ m}$$

$$= .39$$

$$= 3.11$$



$$\text{let } H = 5 + 1.5$$

$$H' = 1.80 \times \tan 15^\circ = 1.80 \times .267$$

$$H + H' = 6.50 + .48$$

$$K_a = \left[ \frac{.96 - \sqrt{.96^2 - .86^2}}{.96 + \sqrt{.96^2 - .86^2}} \right]$$

$$K_p =$$

$$P = \frac{W}{2} \times \cos \alpha \left[ \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} \right]$$

$$= \frac{1.8 \times 6.98^2}{2} \times .96 \left[ \frac{.96 - \sqrt{.96^2 - .86^2}}{.96 + \sqrt{.96^2 - .86^2}} \right]$$

$$= \frac{1.8 \times 6.98^2}{2} \times .96 \times .39 = 16.42 \text{ ton}$$

$$P_h = P \cos 15^\circ = 16.42 \times .96 = 15.76 \text{ ton}$$

$$P_v = P \sin 15^\circ = 16.42 \times .258 = 4.24 \text{ ton}$$

$$P_p = \frac{1}{2} W \times H_p^2 \times K_p = \frac{1}{2} \times 1.8 \times 1.5^2 \times 3.9 = 7.89 \text{ ton}$$

$$W_1 = \frac{.30 \times 5.9}{2} \times 2.5 = 2.22 \text{ ton}$$

$$W_2 = .30 \times 5.9 \times 2.5 = 4.44 \text{ ton}$$

$$W_3 = 1.80 \times 5.9 \times 1.8 = 19.16 \text{ ton}$$

$$W_4 = \frac{.48 \times 1.8}{2} \times 1.8 = 0.78 \text{ ton}$$

$$W_5 = .60 \times 3.60 \times 2.5 = 5.40 \text{ ton}$$

Wall stability :

$$\Sigma.M = \text{toe} = 1.4 \times W_1 + 1.65 \times W_2 + 2.7 \times W_3 + 3 \times W_4 + 1.80 \times W_5 + PV \times 3.6 + .50 \times P_p - 2.33 P_h$$

$$= 1.4 \times 2.22 + 1.65 \times 4.44 + 2.7 \times 19.16 + 3 \times .78 + 1.8 \times 5.40 + 4.24 \times 3.6 + .50 \times 7.89 - 2.33 \times 15.76$$

$$= 3.10 + 7.33 + 51.73 + 2.34 + 9.72 + 15.26 + 3.95 - 36.72 = 56.71 \text{ m.t}$$

$$\Sigma.V = P_v + W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 = 4.24 + 2.22 + 4.44 + 19.15 + 0.78 + 5.40 = 36.23 \text{ ton}$$

Check of over turning

$$F_{oy} = \frac{\Sigma \text{Resisting moment}}{\Sigma \text{Overturning moment}} > 1.5$$

$$= \frac{93.43}{36.23} = 2.57 > 1.5$$

To get eccentricity (  $\chi$  ) :

$$\bar{\chi} = \frac{\Sigma M}{\Sigma V}$$

$$\chi = \frac{L}{2} - \bar{\chi}$$

حيث :

$\chi$  = مسافة اللامركزية

$\bar{\chi}$  = المسافة من نهاية الكعب إلى الداخل

$\Sigma.M$  = مجموع المزوم

$\Sigma.V$  = مجموع الأحمال الرأسية

$L$  = طول القاعدة

$$\chi = \frac{\Sigma.M}{\Sigma.V} = \frac{56.71}{36.23} = 1.56 \text{ m}$$

$$\chi = \frac{L}{2} - \bar{\chi} = \frac{3.6}{2} - 1.56 = .24 < \frac{b}{6}$$

$$\Sigma.M = \text{base} = \Sigma V \times \chi = 36.23 \times .24 = 8.70 \text{ m.t}$$

$$F_2^1 = \frac{-VR}{L} \left( 1 \pm \frac{6x}{L} \right) = \frac{36.23}{3.60} \left( 1 \pm \frac{6 \times .24}{3.60} \right) = -10.06 \pm 4.03 \quad F_1 = 14.07 \quad \& \quad F_2 = 6.03 \text{ ton / m}^2$$

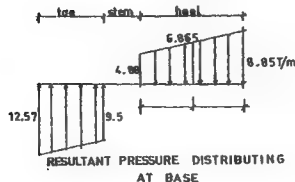
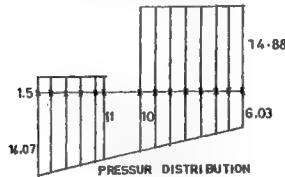
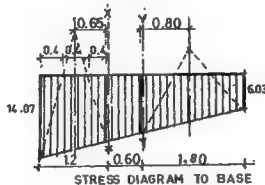
Check of sliding :

$$\begin{aligned} \text{Driving force} &= P_h = 15.76 \text{ ton} \\ \text{Resisting force} &= P_p + \Sigma V \tan \phi = 6.07 + 36.23 \times .577 = 26.98 \text{ ton} \\ F_{\text{sliding}} &= \frac{26.98}{15.76} = 1.712 > 1.5 \end{aligned}$$

### Design of heel

هناك طريقتان لأخذ العزم

(١) بطريقة تقريبية وهي أن تأخذ العزم الحافى حول  $y-y$  وتأخذ المقاسات إما من الرسم الدقيق أو من الحساب وتم كالآتي من الرسم التالى :



$$\begin{aligned} B.M = y-y &= \frac{6.03 + 10}{2} \times 1.8 \times .80 - (W_3 \times .90 + W_4 \times 1.2 + 4.42 \times 1.8 + 1.8 \times .60 \times 2.5 \times .90) \\ &= 8.015 \times 1.8 \times .80 - (19.16 \times .90 + .78 \times 1.2 + 4.42 \times 1.8 + 2.43) \\ &= 11.54 - (17.244 + .936 + 7.956 + 2.43) \\ &= 11.540 - 28.566 = 17.020 \text{ m.t} \end{aligned}$$

(٢) طريقة دقيقة وتستنتج من أخذ العزوم من محصلة توزيع الضغط على القاعدة .

(resultant pressure distribution on base)

$$\text{Total pressure on heel/m} = \frac{19.16 + .78 + 4.42 + 2.43}{1.8} = \frac{27.06}{1.8} = 14.88 \text{ ton / m}^-$$

$$\begin{aligned} \text{Resultant pressure distribution on heel} &= 14.88 - 6.03 = 8.85 \text{ ton / m}^- \\ &\quad \& 15.03 - 10 = 4.88 \text{ ton / m}^- \end{aligned}$$

$$\text{B.M} = y - y = 4.88 \times 1.80 \times .90 + 3.97 \times 1.8 \times \frac{1.8 \times 2}{3} = 16.480 \text{ m.t}$$

١ - عند أخذ العزم تم تقسيم الشبه منحرف الذى ارتفاعه ٨,٨٥ ، ٤,٨٨ إلى مستطيل ارتفاعه ٤,٨٨ ، مثلث ارتفاعه ٣,٩٧ ثم أخذت العزوم في مركز ثقل كل منهما كما سبق .

٢ - بالمقارنة بين الطريقة (١) ، (٢) نجد أن الفرق = ١٧,٠٢٠ - ١٦,٤٨٠ = ٠,٥٤٠ م. طن وهذا فرق بسيط ويعتبر هذا فرق ضعيف جداً بالنسبة إلى B.M ولكن الطريقة (٢) تساعدنا في استنتاج قوى القص والتماسك .

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .361 \frac{\sqrt{1648000}}{100} = 46.3 \text{ cm say } T \ 0.55$$

$$A_s = \frac{M}{k_2 \cdot d} = \frac{1648000}{1237 \times .87 \times 55} = 27.84 \text{ cm}^2$$

$$\text{when we take } T = 60 \therefore A_s = \frac{1648000}{1237 \times .87 \times 60} = 25.52 \text{ cm}^2 \text{ take } 10\phi 19 \text{ m}^-$$

Check of shear :

$$Q_s = \frac{4.88 + 8.85}{2} \times 180 = 12.327 \text{ ton}$$

$$q_s = \frac{12327}{100 \times .87 \times 60} = 2.36 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg}$$

$$q_b = \frac{12327}{60 \times .87 \times 10 \times 3.14 \times 1.9} = 3.95 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg}$$

$$\bar{A}_s = .025\% A_c = \frac{100 \times 60 \times 25}{10000} = 15 \text{ cm}^2 \text{ say } 8 \phi 16 \text{ m}^-$$

كما سبق في تصميم الـ heel سيتم تصميم الـ toe بطريقتين كالآتي :

(١) الطريقة التقريبية نأخذ العزوم حول  $x - x$  ولم يأخذ وزن الأتربة فوق الـ toe ويأخذ وزن الخرسانة فقط .

$$\begin{aligned} \text{B.M} = x - x &= \frac{14.07 + 11}{2} \times 1.2 \times .65 - (60 \times 1.2 \times 2.5 \times .60) \\ &= 9.777 - 1.08 = 8.697 \text{ m.t} \end{aligned}$$

(٢) الطريقة الدقيقة يأخذ العزوم من محصلة توزيع الضغط .

$$\begin{aligned} \text{pressure of slab} &= .60 \times 2.5 = 1.5 \text{ ton / m}^2 \\ \text{Resultant pressure distribution on toe} &= 14.07 - 1.500 = 12.57 \text{ ton / m}^2 \\ &= 11 - 1.500 = 9.5 \text{ ton / m}^- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B.M} = x - x &= 9.5 \times 1.2 \times .60 + \frac{3.07 \times 1.2}{2} \times 1.2 \times \frac{2}{3} = \\ &= 6.840 + 1.473 = 8.313 \text{ m.t} \end{aligned}$$

بالمقارنة بين الطريقة (١) ، (٢)  $8,797 - 8,713 = 84$  م طن وهذا فرق بسيط .  
ملحوظة : أهمل وزن الأتربة التي تعمل ال toe

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{831300}{1237 \times .87 \times .60} = 12.87 \text{ cm}^2 \text{ take } 7\phi 16 / \text{m}^- \\
 A_s^- &= .025\% A_c = \frac{100 \times 60 \times 25}{10000} = 15 \text{ cm}^2 \text{ take } 8\phi 16 \text{ m}^- \text{ top and bottom} \\
 Q_s &= \frac{12.57 + 9.5}{2} \times 1.2 = 13.242 \text{ ton} \\
 q_s &= \frac{13242}{100 \times .87 \times 60} = 2.53 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2 \\
 q_b &= \frac{13242}{.87 \times 60 \times 7 \times 3.14 \times 1.6} = 7.21 \text{ Kg / cm}^2 < 8 \text{ k / cm}^2
 \end{aligned}$$

#### Design of stem :

Height of vertical line of the earth which effect on stem =  $6.98 - .60 = 6.38 \text{ m}$

Heigh of stem =  $6.5 - 60 = 5.90 \text{ m}$

$P = w H k_a = 1.8 \times 6.38 \times .39 = 4.48$  inclined at  $15^\circ$

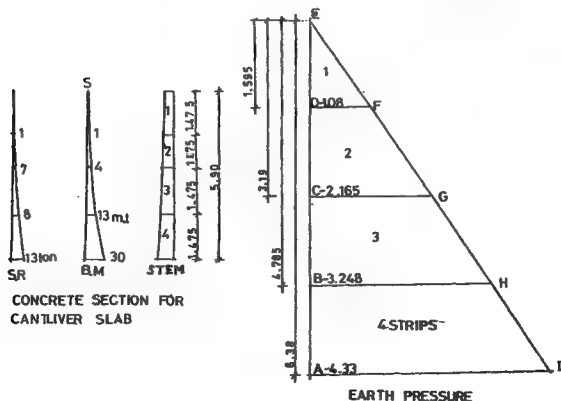
$P$  in horzintal =  $4.48 \times \cos 15^\circ = 4.48 \times .9659 = 4.33$

لتصميم ال stem نتبع الطريقة الآتية وهى تقريبية مأمونة بدل اللجوء إلى طريقة التفاضل والتكامل :

(١) من البيانات السابقة يتضح أن ارتفاع التراب فوق ظهر القاعدة =  $6.98 - 6.0 = 6.98$  م وهذا الارتفاع هو المؤثر على ارتفاع ال stem الذى يساوى  $6.0 - 6.98 = 6.90$  م.

(٢) باستخراج قاعدة مثلث ضغط التربة تبين أنه  $4.48$  وهذا الخط يميل بزاوية  $15^\circ$  علماً بأن القوى المؤثرة لاستنتاج العزوم فى القوى الأفقية وليست المائلة وعليه يجب ضرب قيمة هذا الخط فى جتا  $15^\circ = 4.48 \times .9659 = 4.33$  م.

(٣) يقسم مثلث ضغط الأتربة إلى أربعة أقسام أفقية ورأسية ويتبع عنه الرسم التالى .



(٤) نأخذ مساحة التلث ونضرب في  $\frac{1}{3}$  الارتفاع ويكون الناتج العزم الذى سيؤثر على أى قسم من الأقسام الأربعة .

(٥) نأخذ مساحة كل مثلث وهى التى ستؤثر فى قوى القص .

وعليه يتم الحساب كالآتى :

#### bending moment

$$B.M \text{ at pt A} = \frac{4.33 \times 6.38}{2} \times \frac{6.38}{3} = 29.37 \text{ say } 30 \text{ m.t}$$

$$B.M \text{ at B} = \frac{3.248 \times 4.785}{2} \times \frac{4.785}{3} = 12.39 \text{ say } 13 \text{ m.t}$$

$$B.M \text{ at C} = \frac{2.165 \times 3.19}{2} \times \frac{3.19}{3} = 3.67 \text{ say } 4 \text{ m.t}$$

$$B.M \text{ at D} = \frac{1.08 \times 1.595}{2} \times \frac{1.595}{3} = 0.457 \text{ say } 1 \text{ m.t}$$

#### Shearing forces :

$$Q_s \text{ at pt A} = \frac{6.38 \times 4.33}{2} = 13.81 \text{ ton say } 14 \text{ ton}$$

$$Q_s \text{ at B} = \frac{3.248 \times 4.785}{2} = 7.77 \text{ ton say } 8 \text{ ton}$$

$$Q_s \text{ at C} = \frac{2.165 \times 3.19}{2} = 6.905 \text{ ton say } 7 \text{ ton}$$

$$Q_s \text{ at D} = \frac{1.08 \times 1.595}{2} = 0.89 \text{ ton say } 1 \text{ ton}$$

$$A_s = .025 \times A_c = \frac{25 \times 70 \times 100}{10000} = 17.5 \text{ cm}^2 \text{ say } 6\phi 19$$

$$\text{depth at point A} = d = K_1 \sqrt{\frac{m}{b}} = .361 \sqrt{\frac{3000000}{100}} = 63 \text{ cm say } T 70 \text{ cm}$$

$$q_s = \frac{Q}{b \times .87 \times T} = \frac{14000}{100 \times .87 \times 70} = 2.29 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

$$A_s = \frac{M}{k_2 \times .87 \times T} = \frac{3000000}{1237 \times .87 \times 70} = 39.82 \text{ cm}^2 \text{ take } 11\phi 22$$

$$\text{check of bond} = \frac{14000}{11 \times 2.2 \times 3.14 \times .87 \times 70} = 3.5 \text{ kg / cm}^2 < 8$$

$$\text{depth at point B} = .361 \sqrt{\frac{1300000}{100}} = 43 \text{ cm say } T 55 \text{ cm}$$

$$q_s = \frac{8000}{100 \times .87 \times 55} = 2.67 \text{ kg / cm}^2 < 5$$

$$A_s = \frac{1300000}{1237 \times .87 \times 55} = 22 \text{ cm}^2 \text{ say } 7\phi 22$$

$$\text{check of bond} = \frac{8000}{7 \times 2.2 \times 3.14 \times .87 \times 55} = 3.45 \text{ kg / cm}^2 < 8$$

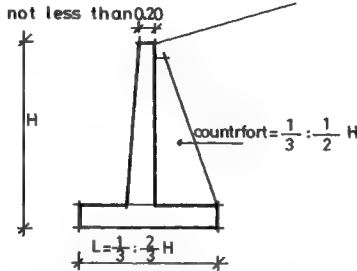
$$\text{depth at point C} = .361 \sqrt{\frac{400000}{100}} = 23 \text{ cm say } T 30 \text{ cm}$$





## الحوائط الساندة ذات الدعامات الخلفية

سبق تعريف الحوائط ذات الدعامات الخلفية counter forts وهى عبارة عن بلاطة رأسية أو مائلة ترتبط بقاعدة عبارة عن بلاطة أفقية بواسطة دعامة خلفية ترتبط معها ملبثاً كما في الشكل التالى ويمكن تخفيف الضغوط الجانبية على ساق الحائط بعمل كمبرات أفقية مثبتة على الدعامات .



## الابعاد المقيمية لحائط ساند له جناحه المساحة ذو دعامة

### FIRST DIMENSION TO COUNTERFORT WALL

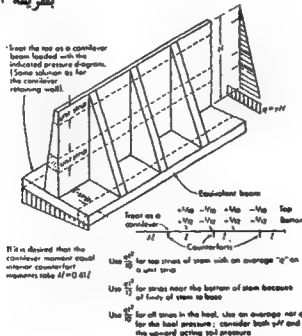
تعتبر الحوائط الساندة ذات الدعامات ( الشدادات ) أبسط طرق تصميمها هى :

(١) الحائط الرأسى stem : هذا الحائط عبارة عن شرائح مستمرة ومرتكزة على الدعامات وأن القوى المؤثرة فيه هو ضغط التربة المناظر لكل شريحة والتي يأخذ عرضها متر أو يقسم هذا الحائط إلى أربعة مسافات متساوية وتلك الشرائح.

نحسب لها العزم مثل حساب الكمبرات وهى  $+\frac{wl^2}{12}$  ،  $+\frac{wl^2}{10}$  ، ولكن الشريحة السفلية نحسب على أنها  $-\frac{wl^2}{12}$  لأنها مثبتة من

أعلى ومن أسفل .

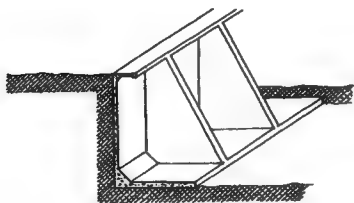
شكل يبين تصميم الحوائط ذو الشدادات  
بطريقة الشرائح



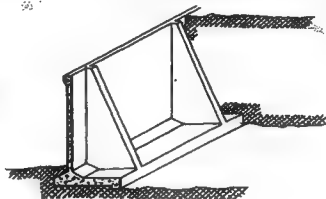
(٢) الكعب : heal : يتبع نفس الأسلوب ويقسم إلى شرائح مستمرة ولا تزيد عن متر وهي معرضة لوزن التربة فوقها بالإضافة إلى وزن البلاطة مطروحاً منه ضغط التماس المناظر تحت كل شريحة .

(٣) القدم toe : فيصمم كما تم تصميمه في الحائط الكابولي السابق شرحه وهي أن يأخذ العزم عند الحائط لوزن بلاطة القدم مطروحاً منها ضغط التماس .

(٤) الدعامة counter fort : تصمم الدعامة لتحمل عزم انحناء كابولي ارتفاعه H وعادة ما يكون قطاع الشدائد الخرساني أكثر من كاف لمقاومة إجهادات العزم وقوى القص المؤثرة ويستحسن أن تعمل كمرات أفقية مثبتة على الدعامات وبحسب حديد التسليح اللازم للشد نتيجة العزم وبعد جيداً في القاعدة السفلية ( بلاطة الكعب بطول رباط بطول لا يقل عن ٥٠ cm كما يجب توفير حديد شد رأسى في أسفل الشدائد لربط البلاطة السفلية ( الكعب ) بالشد أو يتحمل قوى الشد المباشر الناجم عن رد الفعل ، والرسومات التالية تبين شكل حائط ذو دعامة خلفية والآخر ذو دعامة أمامية .



شكل عيبية حائط ذو دعامة أمامية



شكل عيبية حائط ذو دعامة خلفية

### النموذج الرابع عشر :

المطلوب تصميم حائط ساند ذو دعامات وذلك للفروض التي تمت بالمثال رقم (١٣) مع الأخذ في الاعتبار جميع النتائج السابقة التي تصلح لحل المثال رقم ١٤ علماً بأن المسافة بين كل دعامة من المحور إلى المحور ٣,٥ م .

#### Design of stem :

١ - سبق أن قسمنا ارتفاع الـ stem إلى أربعة أقسام فسنعتبر هذه الأقسام هي أربعة شرائح ونفس الأبعاد السابقة وبحسب قيمة الضغط الجانبي من مساحة كل قسم وهو المؤثر على الحائط والرسم السابق في النموذج الثالث عشر Earth pressure بين المساحات المؤثرة في الضغوط ومن المعروف أنها طريقة تقريبية وتلخص في التالي :

To get B.M to four strips :

$$\text{B.M to three strips} = \frac{w \times L^2}{10} \quad \& \quad \text{the strip near bottom} = \frac{wL^2}{12}$$

حيث : w = مساحة المثلث أو الشبه منحرف الناتج من المعادلة السابقة .

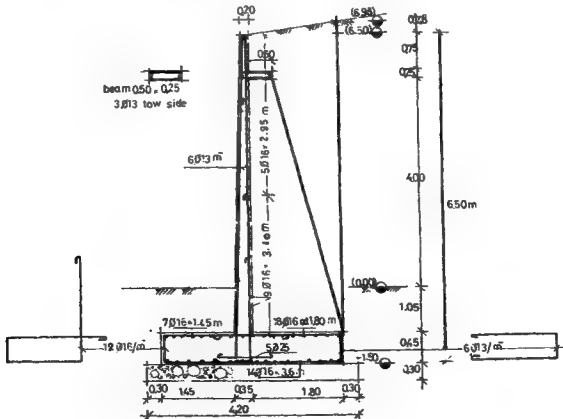
L = المسافة من المحور إلى المحور في تقسيط الدعامات يساوى ٣,٥٠ م .

$$\begin{aligned} \text{B.M strip No ( 1 )} &= \frac{\frac{1.595 \times 1.08}{2} \times 3.5^2}{10} = 1.10 \text{ m.t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B.M.S trip No ( 2 )} &= \frac{\frac{1.08 + 2.165}{2} \times 1.595 \times 3.5^2}{10} = 3.17 \text{ m.t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{2.165 + 3.248}{2} \times 1.595 \times 3.5^2 \\
 \text{B.M. strip No (3)} &= \frac{10}{10} = 5.28 \text{ m.t} \\
 & \frac{3.248 + 4.33}{2} \times 1.595 \times 3.5^2 \\
 \text{B.M - strip No (4)} &= \frac{12}{12} = 6.169 \text{ m.t} \\
 & \frac{3.248 + 4.33}{2} \times 1.595 \times \frac{3.10}{2} \\
 Q_s \text{ max to strip (4)} &= \frac{9366}{2} = 9.366 \text{ ton} \\
 & \frac{9366}{21.35} \\
 d \text{ to resist shear} &= 21.35 \text{ cm} \\
 & \frac{5 \times .87 \times 100}{100} \\
 d \text{ to resist B.M} = K_1 \sqrt{\frac{m}{b}} &= .361 \sqrt{\frac{616900}{100}} = 29 \text{ take T 35 cm} \\
 & \frac{616900}{1237 \times .87 \times 35} \\
 A_s \text{ to strip (4)} = \frac{M}{k_2 \cdot d} &= \frac{580000}{317000} = 16.37 \text{ cm}^2 \text{ take } 9\phi 16 \\
 & \frac{1237 \times .87 \times 32}{317000} \\
 A_s \text{ to strip (3)} &= 16.84 \text{ cm}^2 \text{ take } 9\phi 16 \\
 & \frac{1237 \times .87 \times 29}{35 \times 100 \times 25} \\
 A_s \text{ to strip (2)} &= 10.15 \text{ cm}^2 \text{ take } 5\phi 16 \\
 & \frac{35 \times 100 \times 25}{10000} \\
 A_s = .25\% \text{ to } A_c &= 8.75 \text{ cm}^2 \text{ take } 7\phi 13
 \end{aligned}$$

النموذج الرابع عشر : تصميم حائط ساتد ذو دعامة



VERTICAL SEC. IN WALL

**Design of heel :**

from the resultant pressure we divide the heel to two stirrups & take stirrups No ( 5 )

$$\text{To get pressure to } Q_s = \frac{8.85 + 6.865}{2} \times \frac{3.10}{2} = 12.178 \text{ ton / m}^2$$

$$\text{to get pressure to B.M} = \frac{8.85 + 6.865}{2} = 7.857 \text{ ton}$$

$$\text{Negative B.M} = \frac{7.857 \times 3.5^2}{10} = 9.62 \text{ m.t}$$

$$\text{Postive B.M} = \frac{7.857 \times 3.5^2}{12} = 8.02 \text{ m.t}$$

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .361 \sqrt{\frac{962000}{100}} = 36 \text{ cm say } T = 45 \text{ cm}$$

$$d \text{ to shear} = \frac{12178}{100 \times 5 \times .87} = 28 \text{ cm}$$

$$A_s - V_c = \frac{M}{k_2 \cdot d} = \frac{1237 \times .87 \times 45}{802000} = 19.86 \text{ cm}^2 \text{ } 10\phi 16 / \text{m} = 18\phi 16 \text{ at } 1.8 \text{ m}$$

$$A_s + = \frac{1237 \times .87 \times 45}{3.60 \times 45 \times 15} = 16.54 \text{ cm}^2 \text{ } 9\phi 16 / \text{m}$$

$$A_s^- = 0.15\% A_c = \frac{3.60 \times 45 \times 15}{10000} = 24.6 \text{ cm}^2 \text{ say } 14\phi 16 \text{ at } 1.8 \text{ m}$$

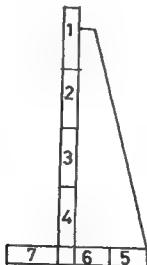
**Design of toe :**

This toe make as cantilever and take B.M from resultant pressure .

$$\text{B.M} = 9.5 \times 1.45 \times \frac{1.45}{2} + \frac{2.77 \times 1.45}{2} \times \frac{1.45}{3} = 10.95 \text{ m.t}$$

$$A_s = \frac{M}{k_2 \cdot d} = \frac{1095000}{1237 \times .87 \times 45} = 22 \text{ cm}^2 = 12\phi 16$$

ملحوظة : كان المفروض إعادة حساب محصلة نهائى الضغط حيث إنه حسب سابقاً على أساس أن عرض الكعب ١,٢٠ م وهو الآن ١,٤٥ م فلا يوجد فرقاً كبيراً علماً بأنه قد استعمل ذراع العزم ١,٤٥ بدلاً من ١,٢٠ .

**Design of counterfort :**

STRIPS IN COUNTERFORT

B.M to counterfort

= B.M at stem Junction for cantilever (30 m.t) x L

& ( spacing between two counterfort = 3.5 m

= 30 x 3.5 = 105 m.t

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$= .361 \sqrt{\frac{10500000}{205}}$$

= 82 cm

Actual depth

= 205

& let b

= 30 cm

$$A_s = \frac{M}{k_2 \cdot d}$$

$$= \frac{10500000}{1237 \times .87 \times 195}$$

= 50 cm<sup>2</sup> take 14φ22

الحديد الذى يقاوم الفصل بين الدعامة والسلاح :

force on strip No ( 4 )

$$= \frac{4.33 + 3.248}{1.4} \times 1.595$$

= 6.04 ton / m<sup>2</sup>

As

$$= \frac{6.04 \times 3.20}{1.4}$$

= 13.8 cm<sup>2</sup> take 5φ13  
vertical two sides

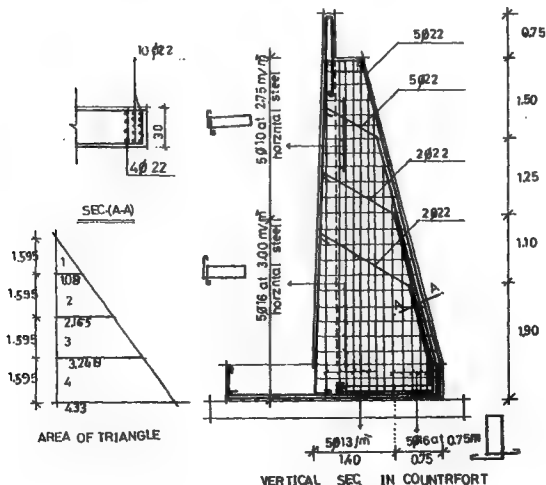
الحديد الذى يقاوم الفصل بين الرجل والدعامة :

from design of heel take force = 7.857 ton / m<sup>2</sup>

$$= \frac{7.857 \times 3.20}{1.4}$$

= 17.95 cm<sup>2</sup> take 5φ16  
vertical two sides

النموذج الرابع عشر  
تقاطع في دعامة لاربعة اسنسد الخرسانة المسلحة



الجزء  
الرابع

## تصدع المباني وعلاجها





# مقدمة

إلى أربعة فصول :

**الفصل الأول :** الاختبارات على الخرسانة أثناء التنفيذ وأسس الاختبارات .

**الفصل الثاني :** زيارة الموقع وفحص البنى من الخارج ومن الداخل .

**الفصل الثالث :** اختبارات الخرسانة غير المتلفة ويشمل على خمسة عشر نوعاً من الاختبارات .

**الفصل الرابع :** اختبارات الخرسانة المتلفة ويشمل على اختبار القلب الخرساني - تحميل العناصر والمنشآت الخرسانية .

**الباب الرابع :** ويشمل على مواد الإضافة وخرسانة الترميم ومواد اللصق ومكون من خمسة فصول :

**الفصل الأول :** مواد الإضافة الخاصة للمواصفات الأمريكية A. S. T. M . بجميع حروفها .

**الفصل الثاني :** أعمال الترميمات ومكون من سبعة أنواع من الخرسانات الخاصة بالترميم .

**الفصل الثالث :** البوليمرات واللدائن الإيوكسية مع شرح وافى لطريقة استعمال اللدائن ومواصفاتها وجميع الاختبارات الخاصة بمواد اللصق .

**الفصل الرابع :** استعمال المواد الألدروكربونية في مقاومة تآكل خرسانة الأسمنت والحديد الصلب .

**الفصل الخامس :** عزل المنشآت عند تأثير الماء بجميع أنواعه وشروطه .

**الباب الخامس :** الإصلاحات الغير إنشائية والشروخ الإنشائية والغير إنشائية ويشمل على فصلين :

**الفصل الأول :** الإصلاحات الغير إنشائية التي لا تؤدي إلى زيادة قدرة العضو الخرساني وإصلاح هذه الشروخ .

**الفصل الثاني :** الشروخ الإنشائية وطريقة تنقيذ الأعمال المساعدة لنجاح وترميم الشروخ .

**الباب السادس :** طريقة ترميم وتقوية وعلاج العناصر الإنشائية المختلفة وينقسم إلى أربعة فصول :

**الفصل الأول :** تدعيم جميع أنواع البلاطات وتحتصر في سبعة بنود .

في الآونة الأخيرة وبالذات منذ ١٩٦٦ بدأت بشكل ملحوظ انهيارات المباني تزايد في جمهورية مصر العربية بنسبة كبيرة ، وكان من الواجب على المتخصصين في مثل هذه الأعمال أن يجدوا حلولاً لهذه المشاكل ، ومن أهم أسباب هذه المشاكل عدم وجود الوعي الكافي لدى جمهور المهندسين الذين يعملون بهذا الحقل ، وقد زاد الطين بلة بعد زلزال ١٢ أكتوبر سنة ١٩٩٢ فظهر تهديم في مباني جديدة بسبب الإهمال في التصميم أو التنفيذ أو الاثنين معاً ، فكان لزاماً على المتخصصين التنقيب عن الأسباب بالسؤال والفحص ثم التشخيص السليم بالتحليل والدراسة لوصف العلاج الحاسم بالجراحة أو بالدواء مع الحرص على الوقاية لمنع المرض من الحدوث أصلاً لأن الوقاية خير من العلاج ، ولهذا حاولت محاولة متواضعة بكتابة هذا الجزء ليهيء بالفرض مقسماً إلى ثمانية أبواب :

**الباب الأول :** هو مثل ذو ثلاثة أضلاع ويشمل على ثلاثة فصول :

**الفصل الأول :** مواصفات دقيقة للمواد المستخدمة في الخرسانة .

**الفصل الثاني :** تصميم الأساسات ودراسة المياه الجوفية وحماية الأساسات من أملاح التربة - أحمال الزلزال - التفاصيل الإنشائية وإعداد الرسومات .

**الفصل الثالث :** التنفيذ من بدء الترتيبات الخاصة بالقوالب والشدات حتى آخر عملية التنفيذ .

**الباب الثاني :** الشروخ في المباني ويشمل على ثلاثة فصول :

**الفصل الأول :** للمختص المنهجي الذي يجب اتباعه في ملاحظة تصدع المباني وتحديد الإصلاحات المطلوبة .

**الفصل الثاني :** تصدع المنشآت خلال العشر سنوات بجمهورية مصر العربية وأسبابها .

**الفصل الثالث :** أنواع الشروخ في المباني الجاهزة وأنواع الشروخ في المباني العادية وتحتصر في ٢٤ نوعاً من الشروخ ودراسة أسبابها وعلاجها بالإضافة إلى عيوب في الخرسانة ذات أسباب متعددة .

**الباب الثالث :** ويشمل على اختبارات الخرسانة وينقسم

**الفصل الثاني :** تدعيم الكمرات وتحتصر في عشرة بنود لجميع أنواع التدعيم .

**الفصل الثالث :** تدعيم وتقوية الأعمدة وتحتصر في خمسة بنود ومثال يشمل تدعيم اللبلاطة والكمرات والأعمدة في مبنى واحد ومثالين آخرين .

**الفصل الرابع :** تدعيم الأساسات ويشمل على الأسباب الجيوتكنيكية لتصدع المنشآت وتدعيم جميع أنواع الشروخ وتقوية وعلاج الأساسات السطحية والعميقة مع أمثلة لعلاج مبانى كاملة للأساسات والأعمدة والكمرات والبلاطات وعدة أمثلة أخرى .

**الباب السابع :** آثار الرطوبة - الطبقات العازلة للحرارة والرطوبة - تخفيض مياه الرشح ويشمل على ثلاثة فصول :  
**الفصل الأول :** آثار الرطوبة في إحداث تصدعات المبانى وطرق التعامل معها وعلاج كل نوع .

**الفصل الثاني :** الطبقات العازلة للرطوبة ومواد إشراب الأسطح وجميع أنواع الدهانات .

**الفصل الثالث :** تخفيض مياه الرشح وحماية الأساسات ويشمل على أربعة أمثلة لمبانى مختلفة .

**الباب الثامن :** أعمال المبانى : معايير المعانة والزلازل والأحمال ويشمل على خمسة فصول :

**الفصل الأول :** طريقة البناء ومكونة من ٣٠ بنوداً لجميع الاحتياطات اللازمة .

**الفصل الثاني :** إنشاء الدبش وشروطه ورسومات تنفيذية لطريقة البناء الصحيح وأسباب انهيار المبانى بالطوب أو الحجر .

**الفصل الثالث :** معايير المعانة والطريقة المثل لعمل المعانة لموقع واسع به عدد كثير من المبانى .

**الفصل الرابع :** الزلازل وطريقة التصميم - العناصر التى يجب اتخاذها لحماية المبانى بالطوب من الزلازل .

**الفصل الخامس :** الأحمال ويشمل جميع أنواع الأحمال المؤثرة على المبانى وتأثير قوة ضغط الرياح .

وأخيراً نطلب من الله التوفيق .

المؤلف

## الباب الأول

## المواد والتصميم والتفصيل

### مقدمة :

الأخرى في المسؤولية هو المهندس المشرف على التنفيذ مندوباً عن المالك وقد لا يكون هو المهندس المصمم للمشروع . كيف تحدث هذه الانهيارات المتتالية لمبان حديثة البناء في دولة علمت العالم أجمع كيف تكون الحضارة وكيف تكون العمارة عبر تاريخ طويل ؟ كيف يحدث هذا في بلد أرست قواعد مزاوله مهنة الهندسة المعمارية والإنشائية والتخطيط العمراني ؟

ليس من الغريب حقاً أن يفاجأ المجتمع ، أى مجتمع ، بانهار مبنى أو مجموعة مباني أو حتى بأكمله نتيجة زلزال عنيف أو هزة أرضية مدمرة أو هبوط عاصفة هوجاء يبقها أمطار غزيرة مستمرة على شكل سيول كما يحدث أحياناً في أنحاء متفرقة من العالم وليس بغريب أيضاً أن ينهار مبنى أو مجموعة من المباني حديثة أو قديمة نتيجة لهبوط التربة وانفجار ماسورة مياه أو مجارى ضخمة ، وليس بغريب أن ينهار مبنى لحوث تغيرات وتعديلات مستمرة بداخله أو بخارجه أو تحويله لأداء غرض أو وظيفة أخرى غير التى أنشئ من أجله المبنى أو إضافة أحمال على أسقفه لم تؤخذ في الاعتبار عند وضع التصميم قبل البناء .

ولكن الغريب فعلاً أن ينهار مبنى فجأة حديث البناء من المفروض أن يكون تم بناؤه طبقاً لأسس التصميم وشروط التنفيذ والمواصفات الفنية ومواد البناء وطرق الإنشاء ، ومن المفروض أنه صدر به ترخيص من جهة حكومية مسؤولة وهى الجهة المشرفة على تصميم المباني الخاص بتوجيه . وهم أعمال البناء وكذلك القرار الوزاري لوزارة الإسكان والتصميم رقم ٢٣٧ لسنة ١٩٧٧م باللائحة التنفيذية ثم القانون ١٣٦ لسنة ١٩٨١م ثم القانون ٢٥ لسنة ١٩٩٢ .

حيث تنص كل هذه القوانين على أنه لا بد من مراجعة رسومات المشروع فنياً ومعمارياً وإنشائياً قبل استلام الترخيص للبناء وتحديد كمية مواد البناء الأساسية المطلوبة مثل الحديد والأحمت والخشب .

كيف يحدث انهيار لمبنى فجأة ويتحول إلى كمية من التراب والأنقاض في ثوان وقد اشترك في إنشائه وتعمل مسؤوليته أطراف بموجب عقود مكتوبة أو غير مكتوبة وهى : المالك أو ما يسمى برب العمل وهو صاحب الأرض والمال والبرنامج ، ثم المهندس المصمم للمشروع والمكلف بتحضير الرسومات والمستندات اللازمة للتنفيذ بموجبها وهو للمسؤول الأول والمتضامن في المسؤولية مع المالك ، والمقاول الذى يتولى أعمال البناء : وهذا المقاول هو الطرف الثالث الذى يقع عليه عبء المسؤولية ، ثم هناك طرف رابع لا يقل أهمية عن الأطراف

ظاهرة خطيرة لمرض خطير بدأ يستشري في جسم المدينة ليس في مدينة القاهرة الكبرى وحدها والى في طريقها أن تصبح طامة كبرى ، لم يخطئ مارتن لوتر حينما وصف العمارة بقوله : إنها سجل لثقافة المجتمع ولم يخطئ فيكون هيجو حينما وصفها بقوله : إنها هى المرأة التى تتعكس عليها ثقافة الشعوب ونهضة تطوره أو برنارد شو حينما قال بأنها هى الصفحة التى تقرأ عليها الشعب ومعنى ذلك كله أن العمارة تعكس صورة المجتمع بجميع مراحل ، وأخيراً تنحصر المشاكل الناتج عنها هذا الانهيار :

مثبت مقفل ذو ثلاثة أضلاع ويتلخص في الآتي :

أولاً : المواد ومدى مطابقتها للمواصفات وهى مسؤولية المهندس المتفد .

ثانياً : التصميم ، وينقسم إلى :

أ) دراسة الأساسات وهى مسؤولية مهندس ميكانيكا التربة .

ب) دراسة الهيكل الحرساني هى مسؤولية المهندس الإنشائي .

ثالثاً : التنفيذ ، وينقسم إلى :

أ) مراعاة التنفيذ حسب ما جاء بالرسومات التنفيذية .

ب) مطابقة المواصفات في الخلطات ومواعيد فك الشدات وخلافه .

ج) مراعاة جودة المواد العازلة للرطوبة في الأساسات .

د) مراعاة عمل القواصل اللازمة لتفادي الهبوط الغير منتظم

سواء أكان في الأساسات أو في الأسقف .

هـ) جودة الشدات الخشبية .

علماً بأن البند ثالثاً مسعولة المهندس المنفذ مسعولة تامة. حيث عليه أن يراجع جميع الرسومات وفي حالة عدم التصميم بالأمان الكافي للأساسات والميكمل الخرساني عليه مراجعة المهندس المصمم للمنشأ ككل ولذلك يجب أن يكون المهندس المنفذ على درجة من الخبرة الممتازة وإلمامه بجميع بنود التنفيذ بجميع أحواله .

( و ) عدم التفريط قد أثمته إلى المقاول سواء أكان في المستنجات أو في المواد ولذلك يجب انتقاء المقاول المعروف بطهارة يده وضميره وهذا مهم جداً للمهندس المنفذ .

وسنشرح كل بند على حدة :

## الفصل الأول

### المواد المستعملة في الخرسانة :

أولاً : الأسمنت : المستعمل في التنفيذ يكون من النوع البورتلاندى العادى أو الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد ، حيث الصنع والمطابق للمواصفات القياسية المصرية رقم م ق م ٣٧٣ / ١٩٨٤ هـ الأسمنت البورتلاندى العادى وسريع التصلد هـ أو من الأسمنت البورتلاندى المقنوم للكرت إذا احتاج الأمر إلى استعماله في بعض الأعمال على أن يكون مطابقاً للمواصفات القياسية المصرية رقم م ق م ٥٨٣ /

ثانياً : الركام : يكون ركام الخرسانة - الزلط والرمل - من حبيبات صلدة قوية الاحتمال ونظيفة خالية من الخفافات المتصلدة ، وتكون المقاسات المختلفة للحبيبات موزعة توزيعاً منتظماً في الركام المستعمل ولا تحوى حبيبات الركام على مواد ضارة لمكونات الخرسانات مثل الأملاح وزيوت الحديد أو الفحم أو الميكا أو الطين أو ما يشابهها من المواد ذات الرقاقة الطينية أو الحبيبات الرقيقة أو الشوائب العضوية ويخضع إلى م : ق : م ١١٠٩ سنة ١٩٧١ ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية وتعديلها .

يكون الركام من الأنواع المستخرجة من عاجر الصحراء المتصلدة، ويكون متدرجاً حسب المئين بالجداول التالى (أ) للركام الكبير : الزلط، والجداول التالى (ب) للركام الرقيق : الرمل، الذى يغطى الخرسانة الخواص المطلوبة ويسهل تشغيلها في مواضعها وبلون اتصال .

### جدول (أ) يبين النسب المثوية لمقاسات الركام الكبير هـ الزلط ،

| النسبة المثوية بالوزن لا يمر من المناخل القياسية المصرية - الحجم الاعبارى للحصى المدرج . |           |           | منخل الفحص حسب المواصفات القياسية المصرية * |            |
|--|-----------|-----------|---|------------|
| ١٥ - ٥ م   | ٢٠ - ٥ م  | ٤٠ - ٥ م  | العرض الاسمى للفتحة - م                     | رقم المنخل |
| —  | —         | ١٠٠٪      | ٧٦,١  | ٣          |
| —  | —         | —         | ٦٤,٠  | ٤          |
| —  | ١٠٠٪      | ٩٥ - ١٠٠٪ | ٣٨,١  | ٧          |
| ١٠٠٪   | ٩٥ - ١٠٠٪ | ٤٠ - ٧٠٪  | ١٩,٠  | ١١         |
| ٩٠ - ١٠٠٪  | —         | —         | ١١,٢  | ١٤         |
| ٤٠ - ٨٠٪   | ٢٥ - ٥٥٪  | ١٠ - ٣٠٪  | ٩,٥   | ١٥         |
| ١٠ - ١٠٪   | ١٠ - ١٠٪  | ٠ - ٥٪    | ٤,٧٦  | ١٩         |

(\*) طبقاً للمواصفات القياسية المصرية رقم م ق م ٤٣٦ - ١٩٦٣ مناخل الاختبار

## جدول (ب) يبين النسب المثوية لقياسات الركام الرفع - الرمل

| النسبة المثوية بالوزن لما يمر من المناخل القياسية المصرية - الحجم الاعتيادي للفحص المخرج |                 |                 |                 | متخل الفحص حسب المواصفات القياسية المصرية |            |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|---|------------|
| المنطقة الأولى   | المنطقة الثانية | المنطقة الثالثة | المنطقة الرابعة | العرض الاسمي للفتحة م                     | رقم المتخل |
| ٪١٠٠   | ٪١٠٠            | ٪١٠٠            | ٪١٠٠            | ٩,٥٠                                      | ١٥         |
| ١٠٠ - ٩٠   | ١٠٠ - ٩٠        | ١٠٠ - ٩٠        | ١٠٠ - ٩٥        | ٤,٧٦                                      | ١٩         |
| ٩٥ - ٦٠  | ١٠٠ - ٧٥        | ١٠٠ - ٨٠        | ١٠٠ - ٩٥        | ٢,٣٨                                      | ٢٣         |
| ٧٠ - ٣٠  | ٧٠ - ٥٥         | ١٠٠ - ٧٥        | ١٠٠ - ٩٠        | ١,٤١                                      | ٢٦         |
| ٣٥ - ١٥  | ٦٠ - ٣٥         | ٨٠ - ٦٠         | ١٠٠ - ٨٠        | ٠,٥٩٥                                     | ٣١         |
| ٢٠ - ٥   | ٣٠ - ١٠         | ٤٠ - ١٠         | ٥٠ - ١٥         | ٠,٢٩٧                                     | ٣٥         |
| ٪١٠ - ٠  | ٪١٠ - ٠         | ٪١٠ - ٠         | ٪١٥ - ٠         | ٠,١٤٩                                     | ٣٩         |

(\*) طبقاً للمواصفات القياسية المصرية رقم م ق م ٤٣٦ - ١٩٦٣ مناخل الاختبار .

— يقاس الركام بالحجم في صناديق قياس ذات أحجام مضبوطة ، ويراعى ملء الصناديق بدون دمك ، على أن يكون أعلى وأسفل سطح الركام داخل الصندوق مستوياً على الأحرف ، ويراعى عمل حساب زيادة الحجم في الركام الرفع « الرمل » نتيجة لوجود الرطوبة به .

ثالثاً : الإضافات : الإضافات هي مواد تضاف للخلطات الخرسانية بكميات صغيرة جداً ( باستثناء المواد الملونة ) وذلك لتحسين خواص معينة للخرسانة أو إكسابها خواص جديدة وذلك نتيجة تأثير كيميائي أو طبيعي ، ولا تؤثر هذه الإضافات بأي قيمة ملحوظة على الحجم الكلي للخرسانة باستثناء إضافات الهواء المحبوس .

تعتبر الإضافات الأكثر شيوعاً في مصر بصفة عامة هي : إضافات ممجلة للتصلب ، إضافات مؤخرعة للتصلب ، إضافات مخفضة للماء ، إضافات مخفضة للماء وممجة للتصلب ، إضافات مخفضة للماء ومؤخرعة للتصلب ، إضافات عالية تجفيف الماء ، إضافات مخفضة للماء ومؤخرعة للتصلب .

يراعى عند استخدام الإضافات الاعتبارات التالية :

(١) يجب أن تفي الإضافات باشتراطات المواصفات القياسية المصرية لكل نوع من الأنواع سابقة الذكر ، أما الإضافات التي ليس لها مواصفات قياسية فتستخدم على أساس المعلومات السابقة والخبرة أو نتائج التجارب .

(٢) يجب ألا تؤثر الإضافات تأثيراً ضاراً على الخرسانة أو صلب التسليح .

(٣) يجب ألا يتعدى محتوى الكلوريد الأيونى بالإضافات عن

٢٪ بالوزن من الإضافات أو ٠,٠٣ ٪ بالوزن من الأسمتات في حالة الخرسانة المسلحة أو سابقة الإجهاد أو التي بها معادن مدفونة أو المصنعة من الأسمتات البورتلاندى المقاوم للكبريتات أو الأسمتات على المقاومة للكبريتات .

(٤) يجب التأكد من مدى ملائمة وفاعلية أى من الإضافات بواسطة خلطات تجريبية من الأسمتات والركام والمواد الأخرى التي تستخدم في الأعمال الخرسانية .

(٥) إذا استخدم نوعان أو أكثر من الإضافات على التتابع في نفس الخلطة الخرسانية فيلزم أن تتواجد معلومات كافية لبيان مدى تداخلها والتأكد من توافقها .

(٦) يلاحظ أن سلوك الإضافات مع الأسمتات بأنواعها يختلف عنه في حالة الأسمتات البورتلاندى ولذلك عند استخدام الإضافات مع هذه الأسمتات يجب أن تتواجد معلومات كافية عن مدى الأداة السليمة عند خلط هذه المواد مع بعضها قبل استخدامها في الأعمال الخرسانية .

(٧) يجب عدم إضافة كلوريد الكالسيوم أو الإضافات التي أساسها من الكلوريدات بنسبة إلى الخرسانة المسلحة أو الخرسانة السابقة الإجهاد أو الخرسانة التي بها معادن مدفونة .

(٨) يلزم قبول أى دفعة من الإضافة أن يكون لها نفس التكوين للإضافة المختبرة والمقبولة وذلك بإجراء اختبارات التجانس التي تنص عليها المواصفات القياسية المصرية والتي تفي بالمتطلبات المطلوبة بنفس المواصفات .

(٩) يجب أن تفي الإضافات بالمتطلبات الأدائية للخرسانة في حالتها الطازجة والمتصلدة وذلك للاختبارات التي تنص عليها

٢٨) يجب ألا يحدث الماء المستخدم في المعالجة بقعاً أو ترسبات غير مقبولة على سطح الخرسانة .

عامساً : صلب التسليح للخرسانة :

أ) أنواع صلب التسليح :

١) تستخدم في تسليح الخرسانة أسياخ الصلب التي تفي بالمواصفات القياسية المصرية م ق م ١٩٧٤ / ٢٦٢ ، وتعديلاتها وفي حالة استعمال الشبك المحكوم تطبيق المواصفات القياسية م ق م ١٩٨٦ / ١٦١٨ .

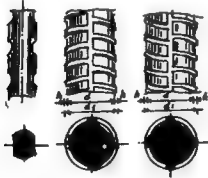
٢) أنواع أسياخ التسليح الغالب استخدامها في الخرسانة هي :

أ) صلب طرى عادى رتبة ٢٤ / ٣٥ أو ٢٨ / ٤٥ ... ويرمز له (  $\Phi$  ) .

ب) صلب على المقاومة وينقسم إلى النوعين التاليين :

— صلب رتبة ٥٢ / ٣٦ .... ويرمز له (  $\Phi$  ) .

— صلب رتبة ٦٠ / ٤٠ .... ويرمز له (  $\Phi$  ) .



أشكال لدرج تسليح ٥٢

٣) صلب شبك من أسياخ الصلب للمحومة المساء أو ذات التوتعات أو العضات وهو صلب طرى رتبة ٢٤ / ٣٥ أو ٢٨ / ٤٥ صار سجه على البارد ليصبح برتبة ٥٢ / ٤٥ ويرمز له ( # ) .

ساصماً : الخواص الميكانيكية لصلب التسليح :

ما لم تذكر اعتبارات وحالات خاصة تحدد الخواص الميكانيكية لصلب التسليح لأغراض التصميم صعرف الخواص الميكانيكية بالخواص الآتية :

١) إجهاد الخضوع : هو الإجهاد عند مرحلة الخضوع في أنواع الصلب العادى وعالى المقاومة التى تظهر فيها خاصية الخضوع ، أما في أنواع الصلب عالى المقاومة التى لا تظهر فيها خاصية الخضوع فيؤخذ إجهاد الخضوع - افتراضياً - مساوياً لإجهاد ضمان وهو الإجهاد الذى يترك انفعالاً متبقياً مقداره ٠,٢ ٪ .

المواصفات القياسية المصرية لكل نوع من أنواع الإضافات مع استيفائها بالمطالبات المعطاة بنفس المواصفات .

١٠) يجب ألا يزيد محتوى الهواء للخلطة الخرسانية ذات الإضافات السابقة الذكر على ٢٪ من محتوى الهواء في الخلطة الخرسانية المثيلة بدون إضافات (خلطة التحكم) وحيث لا يزيد محتوى الهواء الكلى لأى حالة من الإضافات عن ٣٪ .

رابعاً : ماء الخلط : أو المعالجة :

١) يكون الماء المستعمل في خلط الخرسانة نظيفاً وخالياً من المواد الضارة مثل الزيوت والأحماض والقلويات والأملاح والمواد العضوية وأى مواد قد تؤثر تأثيراً مطلقاً على مكونات الخرسانة أو صلب التسليح .

٢) يحتجز الماء الصالح للشرب - باستثناء الاشتراطات البكتريولوجية - مناسباً في جميع الأحوال لخلط الخرسانة وفي حالة عدم توافره يمكن استعمال ماء من مصادر أخرى لخلط الخرسانة بشرط استيفاء الشروط الواردة سابقاً بالإضافة إلى ما يلي :

أ) ألا يزيد زمن الشك الابتدائى لعينات الأمختت المجهزة بهذا الماء بأكثر من ٣٠ دقيقة على زمن الشك الابتدائى لعينات بنفس الأمختت جهزت بالماء الصالح للشرب وعلى ألا يقل زمن الشك الابتدائى بأى حال عن ٤٥ دقيقة .

ب) لا تقل مقاومة الضغط بعد ٢٨،٧ يوماً للمكعبات التى استعمل في خلطها هذا الماء عن ٩٠٪ من مقاومة الضغط لعينات مماثلة جهزت بماء خلط صالح للشرب .

ج) يجب عند تصميم الخلطة الخرسانية استخدام نفس نوع الماء الذى سيستخدم في الخلط عند تنفيذ المنشأ .

٣) يشترط في ماء الخلط للخرسانة ألا يزيد محتوى الأملاح على القيم الموضحة في البند سادساً .

٤) لا يقل - بصفة عامة - الأس الهيدروجينى (PH) ماء الخلط عن (٧) وفي حالة عدم إجراء هذا الاختبار لمصدر الماء في أعمال سابقة يجب إجراء تحليل للماء لمعرفة هذا الرقم .

٥) لا يسمح على الإطلاق باستخدام ماء البحر في خلط الخرسانة المسلحة .

٦) يجوز استعمال ماء البحر عند الضرورة في خلط الخرسانة العادية بدون تسليح على أن يزداد محتوى الأمختت في الخلطة للوصول إلى المقاومة المطلوبة للخرسانة العادية بشرط توفر الخبرة السابقة في استعماله بنجاح .

٧) يحتجز الماء الصالح في خلط الخرسانة المسلحة صالحاً للاستعمال في معالجة هذه الخرسانة بعد تصلبها .

٢ مقاومة الشد .  
٣ النسبة المئوية للاستطالة عند الكسر .  
ومدد هذه الخواص طبقاً للمواصفات القياسية المصرية  
م ق م ٢٦٢ / ١٩٧٤ ، وتعديلاتها والمواصفات القياسية  
المصرية م ق م ٧٦ / ١٩٦١ ، وتعديلاتها .

### جدول يبين الخواص الميكانيكية لأنواع الصلب ( الحد الأدنى )

| نوع الصلب                      | الرقبة  | حالة سطح الأنساج               | إجهاد الخضوع أو إجهاد ضمان<br>كجم / سم <sup>٢</sup><br>( حد أدنى ) | مقاومة الشد القصوى<br>كجم / سم <sup>٢</sup><br>( حد أدنى ) | النسبة المئوية للاستطالة<br>( حد أدنى ) |
|--------------------------------|---------|--------------------------------|--|--|---|
| صلب طرى عاوى                   | ٢٤ / ٣٥ | ألمس                           | ٢٤   | ٣٥   | ٢٠                                      |
|                                | ٣٨ / ٤٥ |                                | ٢٨   | ٤٥   | ١٨                                      |
| صلب عالي المقاومة              | ٣٦ / ٥٢ | ذو نتوءات                      | ٣٦   | ٥٢   | ١٢                                      |
|                                | ٤٠ / ٦٠ | ذو نتوءات                      | ٤٠   | ٦٠   | ١٠                                      |
| صلب شبك ملحوم مسحوب على البارد | ٤٥ / ٥٢ | ألمس أو ذو نتوءات أو ذو العضات | ٤٥   | ٥٢   | ١٠                                      |

**تحديد مكونات الخرسانة :**  
يجب أن تتضمن متطلبات الخرسانة في حالتها الطازجة والمتصلبة ما يؤمن تحقيق كل من المقاومة والتحميل مع الزمن للمبنى وعناصره وتلخص في الآتي :  
أولاً : رتبة الخرسانة :  $F_{cm}$   
رتبة الخرسانة هي مقاومة الضغط المميزة للخرسانة .

### جدول يبين رتب الخرسانة ( مقاومة الضغط المميزة $F_{cm}$ كجم / سم<sup>٢</sup> )

|              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| رتب الخرسانة | ١٠٠ | ١٥٠ | ١٧٥ | ٢٠٠ | ٢٢٥ | ٢٥٠ | ٢٧٥ | ٣٠٠ | ٣٢٥ |
| رتب الخرسانة | ٣٥٠ | ٤٠٠ | ٤٥٠ |     |     |     |     |     |     |

وفي حالة تحديد مقاومة الضغط باستعمال عينات بمقاسات غير الواردة في المواصفات المصرية القياسية م . ق . م ١٦٥٨ / ١٩٨٨ فإنه يلزم تحديد مقاومة الضغط بضرب نتائج الاختبارات في معاملات التصحيح الواردة بالجدول التالي .

### جدول يبين معامل تصحيح مقاومة الضغط للأشكال المختلفة لقوالب اختبار الخرسانة

| شكل القالب | أبعاد قالب الاختبار سم               | معامل التصحيح |
|------------|--------------------------------------|---------------|
| مكعب       | ١٠ × ١٠ × ١٠                         | ٠,٩٧          |
| مكعب       | ١٥ × ١٥ × ١٥ (أو ١٥,٨ × ١٥,٨ × ١٥,٨) | ١,٠٠          |
| مكعب       | ٢٠ × ٢٠ × ٢٠                         | ١,٠٥          |
| مكعب       | ٢٠ × ٢٠ × ٢٠                         | ١,١٢          |
| أسطوانة    | ٢٠ × ١٠                              | ١,٢٠          |
| أسطوانة    | ٣٠ × ١٥                              | ١,٢٥          |
| أسطوانة    | ٥٠ × ٢٥                              | ١,٣٠          |
| منشور      | ٣٠ × ١٥ × ١٥ (أو ٣١,٦ × ١٥,٨ × ١٥,٨) | ١,٢٥          |
| منشور      | ٤٥ × ١٥ × ١٥ (أو ٤٧,٤ × ١٥,٨ × ١٥,٨) | ١,٣٠          |
| منشور      | ٦٠ × ١٥ × ١٥                         | ١,٣٢          |

وفي حالة اختيار مقاومة ضغط الخرسانة بأمتت بورتلاندى عادى أو سريع التصلد ( بدون أية إضافات ) عند عمر غير ٢٨ يوماً فإنه يمكن تمديد المقاومة عند عمر ٢٨ يوماً بضرب نتائج الاختبارات في معاملات التصحيح الموضحة بالجدول التالى :

جدول يبين معامل التصحيح لنتائج اختبارات مقاومة الضغط للخرسانة ذات عمر يتخلف عن ٢٨ يوماً

| نوع الأمتت                 | عمر الخرسانة - يوم |     |      |      |      |
|----------------------------|--------------------|-----|------|------|------|
|                            | ٣                  | ٧   | ٢٨   | ٩٠   | ٣٦٠  |
| أمتت بورتلاندى عادى        | ٢,٥                | ١,٥ | ١,٠٠ | ٠,٨٥ | ٠,٧٥ |
| أمتت بورتلاندى سريع التصلد | ١,٨                | ١,٢ | ١,٠٠ | ٠,٩٠ | ٠,٨٥ |

ثانياً : متوسط المقاومة المستهدف ( $F_m$ ) Target mean strength

تصمم خلطة الخرسانة بتحديد محتويات مكوناتها بحيث يكون متوسط المقاومة المستهدف مساوياً لمجموع رتبة الخرسانة مضافاً إليها هامش أمان يكفل الحصول على المقاومة المميزة المطلوبة  $F_m = F_{cu} + M$  حيث تحدد قيمة ( $M$ ) طبقاً للبند التالى ثالثاً .

ثالثاً : هامش أمان تصميم الخلطة ( $M$ ) Safety margin of mix design

في حالة توفر بيانات إحصائية من نتائج اختبارات المقاومة على خلطات استعملت فيها نفس المواد المزمع استعمالها وأنتجت الخرسانة تحت نفس الظروف يحسب هامش تصميم الأمان للخلطة طبقاً للحالة (١) أو (٢) من الجدول التالى وفي حالة عدم توفر بيانات إحصائية في فترة لا تزيد عن ستة شهور يحسب هامش أمان تصميم الخلطة طبقاً للحالة (٢) من نفس الجدول .

جدول يبين هامش أمان تصميم خلطات الخرسانة

| البيانات الإحصائية المعروفة من نتائج اختبارات المقاومة                      |  | هامش أمان تصميم خلطة الخرسانة ( $M$ ) عندما تكون المقاومة المميزة $F_{cu}$  |
|---|--|---|
|   |  | $F_{cu} > 200$ كجم / سم <sup>٢</sup> : $F_{cu} < 200$ كجم / سم <sup>٢</sup> |
| (١) توفر أكثر من ١٠٠ نتيجة في فترة لا تزيد عن ١٢ شهراً بمواد وظروف مماثلة . | (١,٦٤ × الانحراف المعياري) ولا يقل عن ٠,٢ للمقاومة المميزة . | (١,٦٤ × الانحراف المعياري) ولا يقل عن ٥٠ كجم / سم <sup>٢</sup> .            |
|   | (١,٦٤ × الانحراف المعياري) ولا يقل عن ٠,٤ للمقاومة المميزة . | (١,٦٤ × الانحراف المعياري) ولا يقل عن ١٠٠ كجم / سم <sup>٢</sup> .           |
| (٢) توفر من ٥٠ - ١٠٠ نتيجة في ٦ شهور بمواد وظروف مماثلة .                   | (١,٦٤ × الانحراف المعياري) ولا يقل عن ٠,٤ للمقاومة المميزة . | (١,٦٤ × الانحراف المعياري) ولا يقل عن ١٢٠ كجم / سم <sup>٢</sup> .           |
| (٣) عدم توفر بيانات إحصائية عن ٥٠ خلطة خلال فترة لا تزيد عن ٦ شهور          |  |   |

رابعاً : اختيار نسب مكونات الخلطة :

(١) اعتبارات رئيسية : للقائم بتحديد نسب مكونات الخلطة سواء كان ذلك بالمعمل أو بالموقع أو في مصنع خرسانة جاهزة أن يتلار الأسلوب الذى يراه مناسباً على أن يأخذ في اعتباره ثلاثة عوامل رئيسية :

— متطلبات الخلطة .

— ظروف وأماكن ومستوى التنفيذ واستخدامات المبنى .

— ظروف وأماكن إنتاج الخلطة .

(٢) خلطات استرشادية / أو تجريبية :

عند الضرورة القصوى وفي حالة عدم توفر بيانات كافية وبالنسبة للخلطات الخرسانية التى تقل رتبتها عن ٢٠٠ فإنه يمكن الاسترشاد بمكونات الخلطة بالجدولين التاليين والذي يتضمن استخدام أمتت بورتلاندى عادى وركام سلسى وعلى القائم بتحديد المكونات إجراء تعديلات في النسب بما يعرض الفروق بين الركام المستعمل والركام السلسى .



## جدول يبين نسب مكونات الخلطات الخرسانية الاسترشادية (بالوزن)

| رتبة الخرسانة | نسبة مكونات الخلطة<br>أسمنت : رمل : زلط | كمية الأسمنت<br>كجم/متر مكعب | القوام<br>(سم) |
|---------------|---|------------------------------|----------------|
| ١٥٠           | ١,٠٠ : ٢,٠٠ : ٤,٠٠                      | ٣٠٠                          | ٨ - ٥          |
| ١٧٥           | ١,٠٠ : ١,٧٥ : ٣,٥٠                      | ٣٥٠                          | ٨ - ٥          |

## جدول يبين نسب مكونات الخلطات الخرسانية الاسترشادية (بالحجم)\*

| رتبة<br>الخرسانة | أسمنت         | رمل                          |                          | زلط                          |                          | محتوى<br>الماء -<br>( لتر ) |
|------------------|---------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
|                  |               | بالحجم<br>( م <sup>٣</sup> ) | مقاسات الصندوق<br>( سم ) | بالحجم<br>( م <sup>٣</sup> ) | مقاسات الصندوق<br>( سم ) |                             |
| ١٥٠              | شيكارة ٥٠ كجم | ٠,٠٦٦                        | ٢٦,٥ × ٥٠ × ٥٠           | ٠,١٣٢                        | ٥٠ × ٥٠ × ٥٣             | ٢٧,٥                        |
| ١٧٥              | شيكارة ٥٠ كجم | ٠,٠٥٨                        | ٢٣,٥ × ٥٠ × ٥٠           | ٠,١٦٦                        | ٤٠ × ٥٠ × ٤٠             | ٢٣,٠                        |

\* هذه الخلطات تستعمل للتصميم بطريقة إجهاد التشغيل ، ولا تستعمل في حالة التصميم بطريقة حالات الحدود .

إذا ما رأيت الجهة المشرفة على التنفيذ أن هناك حاجة لخلطات تأكيدية أثناء التنفيذ أو قبل عمل تغيرات جوهرية في المواد أو نسب الخلطة . يلزم المفاوض أو منتج الخرسانة بإجراء هذه الخلطات .

ويراعى أن يستبعد من طلب هذه الخلطات تعديل النسب الذي يشمل برنامج ضبط الجودة بغرض التغير في الحدود الدنيا للمقاومة وصولاً لتوسط المقاومة المستهدف .

كما لا تتضمن هذه الخلطات حالات التأكد من المحتوى الأدنى للأسمنت أو النسبة القصوى من الماء الحر إلى الأسمنت وهي الاختبارات التي قد تتطلبها بعض مراحل التنفيذ . كذلك لا يدخل ضمن هذه الإجراءات الاختبارات الدورية الروتينية لضبط الجودة والمشار إليها .

خامساً : اعتبارات خاصة لتأمين تحمل الخرسانة مع الزمن : بالإضافة لاستيفاء الخلطة للمقاومة فإنه يلزم تأمين مقاومتها مع الزمن بأخذ مجموعة من العوامل المتداخلة في الاعتبار على النحو التالي :

(١) الحد الأقصى لمتوى الأملاح والمواد الضارة في ماء الخلط :

يشترط في ماء خلط الخرسانة أن لا يزيد محتوى الأملاح عن :

٢,٠٠٠ جرام في اللتر من الأملاح الكلية الذائبة (TDS).

٠,٥٠٠ جرام في اللتر من أملاح الكلوريدات .

٠,٣٠٠ جرام في اللتر من أملاح الكبريتات .

## (٣) خلطات تأكيدية المقاومة (الزامية)

على منتج الخرسانة - بالموقع أو بمصنع الخرسانة الجاهزة- أن يجري خلطات تجريبية منفصلة من الخرسانة باستعمال مواد مماثلة أو مواد من مصادر مشابهة للمصادر المزعم استعمالها ويفضل أن تكون كل خلطة - على حدة - بحجم وظروف الإنتاج كاملة.

- لكل من الخلطات الثلاثة تقاس التشغيلية وتمتد عشرة مكعبات تختبر سبعة منها على الأقل عند ٢٨ يوماً وتختبر ثلاثة عند عمر مبكر إذا لزم الأمر ويفضل أن تكون هذه الأعمار ٣ أو ٧ أيام .

- وفي حالة عدم وجود نص خاص بمواصفات المشروع تعد مكعبات الخرسانة وتعالج وتختبر طبقاً للمواصفات القياسية المصرية .

- تقبل نسب الخلطة إذا تم استيفاء الشروط التالية :

أ ) متوسط مقاومة الضغط بعد ٢٨ يوماً لثلاثة خلطات متتابعة لها نفس المكونات ( المحسوبة سابقاً ) يزيد على قيمة المقاومة المميزة بالقيمة التالية :

٣٠ كجم / سم<sup>٢</sup> للخرسانة ذات الرتبة ٢٠٠ أو أكثر .

٢٠ كجم / سم<sup>٢</sup> للخرسانة التي تقل رتبتها عن ٢٠٠ .

ب ) نتيجة مقاومة الكسر لأي اختبار لا تقل عن قيمة المقاومة المميزة .

جـ ) لا يزيد الفرق بين أكبر مقاومة للمكعبات وأصغرها عن ٢٠٪ من المتوسط .

د ) خلطات تأكيدية إضافية :

١,٠٠٠ جرام في المتر من أملاح الكربونات والماء والركام والأسمنت ( الإضافات ) عند عمر ٢٨ يوماً على الحدود الواردة في الجدول التالي .

٠,١٠٠ جرام في المتر من كبريتيد الصوديوم .  
٠,٢٠٠ جرام في المتر من المواد العضوية .  
٣,٠٠٠ جرام في المتر من المواد غير العضوية وهى الطين والمواد المعلقة غير الرسوبية التى تعكر ماء الخلط .  
٧ الحد الأقصى لمحتوى أيونات الكلوريدات في الخرسانة :  
للوفاة من صدأ صلب التسليح يجب ألا يزيد التركيز الكلى لأيونات الكلوريدات الذاتية في الخرسانة المتصلدة ( والناتج من

جدول يبين المحتوى الأقصى لأيونات الكلوريدات الذاتية اللازمة للوقاية من صدأ صلب التسليح

| الحد الأقصى لأيونات الكلوريدات الذاتية في الماء في الخرسانة - كسب مئوية من وزن الأسمنت | الظروف حول الخرسانة   |
|--|---|
| ٠,١٥   | الخرسانة المسلحة معرضة للكلوريدات .                               |
| ١,٠٠   | الخرسانة المسلحة جافة محمية تماماً من الرطوبة في ظروف الاستخدام . |
| ٠,٣٠   | العناصر الإنشائية الأخرى .  |

٤ الخرسانة في الظروف الكبريتية :

عندما تكون الخرسانة معرضة لأملاح الكبريتات في التربة أو المياه الجوفية ( كبريتات الصوديوم أو البوتاسيوم أو الكالسيوم ) فإنه يجب العناية بنوع الأسمنت ومحتواه ونوع الركام والمقاس الاعتبارى الأكبر للركام ونسبة الماء إلى الأسمنت ويمكن الاسترشاد بالقيم الواردة بالجدول التالى لتحديد هذه البنود .

٥ الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت :

عندما تكون الخرسانة معرضة لظروف معينة مع استخدام الأسمنت البورتلاندى العادى فإنه يمكن الاسترشاد بالجدول التالى لتحديد الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت في الخلطات .

٦ الحد الأقصى لمحتوى الأسمنت :

يجب ألا يزيد محتوى الأسمنت في خلطة الخرسانة على ٥٠٠ كجم / م<sup>٣</sup> ما لم تكن هناك اعتبارات خاصة قد أخذت في التصميم لتفادى التشريع الناتج على انكماش الجفاف في قطاعات الخرسانة الرقيقة أو الإجهادات الحرارية في القطاعات السميكة .

جدول يبين متطلبات الخرسانة المعرضة للمهاجمة الكبريتية لتحقيق كثافة عالية ودمك كامل للخرسانة

| الحد الأدنى لحدوى الأسمنت<br>كجم / م <sup>٣</sup> |                                       |     |     |     | نوع الأسمنت                             | تركيز الكبريتات في صورة<br>ثالث أكسيد الكبريت |  |                    |
|---|---------------------------------------|-----|-----|-----|---|---|--|--------------------|
| الحد<br>الأقصى <sup>x</sup>                       | المقاس الاعتبارى الأكبر<br>لركام / مم |     |     |     |   | في التربة<br>في الماء<br>الأرضى               |  |                    |
|   | ١٥                                    | ٢٠  | ٣٠  | ٤٠  |   | جزء<br>في<br>المليون                          | كب أم في<br>مزيج من الماء<br>والتربة بنسبة ١:٢ | كب أم<br>الكل<br>% |
| ٠,٥٢  | ٤٠٠                                   | ٤٠٠ | ٣٥٠ | ٣٥٠ | بورتلاندى عادى                          | ٣٠٠   | —  | ٠,٢ >              |
| ٠,٤٨  | ٤٠٠                                   | ٤٠٠ | ٣٥٠ | ٣٥٠ | بورتلاندى عادى                          | ٣٠٠   | —  | ٠,٢                |
| ٠,٥٣  | ٣٥٠                                   | ٣٥٠ | ٢٠٠ | ٣٠٠ | مقاوم للكبريتات                         | إلى   |  | إلى                |
| ٠,٤٨  | ٤٠٠                                   | ٤٠٠ | ٣٥٠ | ٣٥٠ | فاتق للكبريتات                          | ٧٠٠   |  | ٠,٣٥               |
| ٠,٥٠  | ٤٠٠                                   | ٤٠٠ | ٣٥٠ | ٣٥٠ | مقاوم للكبريتات<br>أو                   | ٧٠٠   | —  | ٠,٣٥               |
| ٠,٤٥  | ٤٠٠                                   | ٤٠٠ | ٤٠٠ | ٤٠٠ | فاتق للكبريتات                          | ١٢٠٠  |  | ٠,٥٠               |
| ٠,٤٥  | ٤٥٠                                   | ٤٥٠ | ٤٠٠ | ٤٠٠ | مقاوم للكبريتات<br>أو                   | ١٢٠٠  | ١,٩ - ٣,١                                      | ٠,٥٠               |
|   |                                       |     |     |     | فاتق للكبريتات                          | ٢٥٠٠  |  | إلى<br>١,٠٠        |
| ٠,٤٣  | ٤٥٠                                   | ٤٥٠ | ٤٠٠ | ٤٠٠ | مقاوم للكبريتات<br>أو                   | ٢٥٠٠  | ٣,١ - ٥,٦                                      | ١,٠٠               |
|   |                                       |     |     |     | فاتق للكبريتات                          | ٥٠٠٠  |  | إلى<br>٢,٠٠        |
| ٠,٤٣  | ٤٥٠                                   | ٤٥٠ | ٤٠٠ | ٤٠٠ | مقاوم للكبريتات<br>أو                   |   |  |                    |
|   |                                       |     |     |     | فاتق للكبريتات<br>+ دهانات واقية مناسبة | ٥٠٠٠  | ٥,٦  | ٢,٠٠               |

x حالة الركام جافا

ويلاحظ بالجدول السابق الآتى :

- الحدود الواردة بالجدول تطبق على الخرسانة بركام طبيعى (م ق م ١١٠٩ / ١٩٧١) .
- الخرسانة المعرضة لمياه أرضية بأس هيدروجينى من ٦ إلى ٩ ومحوية على كبريتات طبيعية وليست مترسية كأصلاح .
- فى الظروف القاسية مثل القطاعات الصغيرة تحت ضغط مائى من جانب واحد أو مغمور جزئياً يلزم أن يؤخذ فى الاعتبار تقليل نسبة الماء للأسمنت و / أو زيادة محتوى الأسمنت على الحدود الواردة بالجدول لتحقيق المتطلبات الدنيا للخرسانة .

جدول بين الحد الأدنى محتوى الأسمنت في خلطات خرسانة الأسمنت البورتلاندى لتأمين التحمل مع الزمن للخرسانة المسلحة المعرضة لظروف محددة\*

| الظروف التي يتعرض لها البنى بعد الإنشاء  | النسب الإحصائية الأكبر للركام - م |     |     |     | الحد الأدنى لنسبة الماء : الأسمنت *                         |
|--|-----------------------------------|-----|-----|-----|---|
|  | ١٥                                | ٢٠  | ٣٠  | ٤٠  |   |
| عادية : الخرسانة محمية تماماً من الظروف الجوية والظروف المحيطة الضارة .  | ٣٥٠                               | ٣٥٠ | ٣٥٠ | ٣٠٠ | ٠,٦٠  |
| متوسطة : الخرسانة غير المعرضة أو المعرضة للظروف المحيطة الضارة ولكنها مدفونة دائماً تحت الماء أو معرضة للرطوبة . | ٤٠٠                               | ٣٥٠ | ٣٥٠ | ٣٠٠ | ٠,٥٠  |
| قاسية : الخرسانة معرضة لظروف محيطية ضارة أو لماء البحر أو لدورات من البلال والجفاف أو الغازات ... إلخ            | ٤٠٠                               | ٤٠٠ | ٣٥٠ | ٣٥٠ | ( ٠,٤٥ , ٠,٤٠ )<br>محتوى الأسمنت ٤٠٠<br>٣٥٠ كجم على التوالى |

+ الحدود الواردة بالجدول لخلطات الخرسانة المستخدمة ويمكن تخفيض أى محتوى أسمنت بمقدار ٥٠ كجم / م<sup>٣</sup> في حالة استعمالها لخلطات الخرسانة العادية .  
\* في حالة استخدام الركام جافاً .

## الفصل الثاني

### التصميم

التصميم ينقسم إلى قسمين :

أولاً : أعمال الأساسات وتلخص كالآتي :

— ظاهرة ارتفاع المياه الجوفية وأسيابها :  
ارتفاع منسوب المياه الجوفية في المناطق الآتية في التطور هو حالة تعاني منها جمهورية مصر العربية - وقد لعبت عوامل وأسباب عديدة دوراً أساسياً في ارتفاع منسوب المياه الجوفية منها على سبيل المثال لا الحصر ما على :

- (١) الإسراف في استهلاك مياه الشرب ومياه الصرف الصحي للمعالج لرى الحدائق والمناطق الخضراء والأشجار في الشوارع .
- (٢) تسرب المياه من شبكة توزيع المياه وشبكة الصرف الصحي في المناطق الخنومة بشبكات الصرف الصحي وذلك بسبب تآكل الشبكة وعدم صيانتها .
- (٣) ترشيح المياه في بيارات الصرف الصحي .
- (٤) الأمطار والسيول التي يتسرب جزء من مياهها إلى باطن الأرض فتؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه .
- (٥) السد العالي : نظراً لحجز المياه في بحيرة ناصر أمام السد فبدأ يتسرب المياه لجميع مناطق الجمهورية .

أضرار ارتفاع منسوب المياه الجوفية على المباني :

يجم عن ارتفاع منسوب المياه الجوفية مخاطر جملة على المنشآت والمباني القائمة نتيجة تلبذ منسوب المنسوب وعدم استقراره عند مستوى واحد .. كما أن مقدار تأثر التربة بالمياه الجوفية بوجه خاص يعتمد أساساً على نوعية التربة حيث إن

د) التصميم الإنشائي وقد تمت الدراسة بالجزء الثاني لجميع أعمال الأساسات علماً بأنه قد فرضت الأحمال على القواعد ولكن عند تصميم الأحمال يجب الرجوع إلى الكود الخاص بالخرسانة المسلحة من الأحمال الميتة والأحمال الحية وضغط الرياح والزلازل .

ثانياً : تصميم الهيكل الخرساني :

أ) ترجع إلى الكود الخاص بالخرسانة المسلحة في جميع بنوده .

ب) التفاصيل الإنشائية وتلقى عليها الضوء باختصار على التفاصيل وإعداد الرسومات وسنقوم بشرح كل بند على حدة.

أولاً : أعمال الأساسات

أ) ارتفاع المياه الجوفية وأضرارها على المباني :

ما ينجم عنه جرح ووقلة عدد منهم .

— القضايا والمسائل القانونية المترتبة عن سقوط المبنى والتي تعرض مقاول التنفيذ أو المهندس المصمم أو صاحب المبنى أو جميعهم إلى المسائلة القانونية .

طرق المعالجة المطروحة للتقليل أو الحد من أضرار المياه الجوفية على المباني :

أولاً : طرق وأساليب التحكم في المصادر المسببة لارتفاع منسوب المياه الجوفية :

تتلخص تلك الأساليب والطرق المنبجعة للتحكم في المصادر المسببة لارتفاع المياه الجوفية في الآتي :

(١) تقليل الفاقد من مياه الري الزائدة عن الحاجة الفعلية وذلك عن طريق دراسة أساليب ونظم الري المستخدمة وإجراء مسح شامل لمعرفة أنواع النباتات التي تزرع في منطقة ما وتحديد حاجتها الفعلية من المياه وتوفير هذه الكمية من خلال استخدام نظام حديث للري بدلاً من النظم التقليدية .

(٢) رقابة شبكة مياه الشرب والكشف عن الترسبات وإصلاحها بصفة مستمرة .

(٣) ترشيد استهلاك مياه الشرب عن طريق تحديد معدل الاستهلاك الفردي اليومي للمياه ووضع خطة لهذا الترشيح .

(٤) توفير شبكات فضالة للصرف الصحي مما يؤدي إلى التقليل من كمية المياه المتسربة إلى باطن الأرض - كما يؤدي إلى انخفاض نسبة المركبات الكيميائية والبيولوجية والذي يقلل بالتالي من تأثير المياه على أساسات المباني وعناصرها الإنشائية وشبكات المرافق العامة .

ثانياً : أساليب تخفيض منسوب المياه الجوفية : (انظر الباب السابع) هناك عدة طرق لخفض منسوب المياه الجوفية نوجز منها ما يلي :

(١) إنشاء مصارف لئقية مضطلة أو مكشوفة تعمل بالجاذبية الأرضية .

(٢) إنشاء آبار رأسية أو لئقية تسحب فيها المياه بواسطة مضخات .

(٣) إنشاء مجموعة تقو ب توزع تحت سطح المياه الجوفية ويم السحب بواسطة مضخات مشتركة .

ثالثاً : دراسة خصائص التربة قبل البدء في المشروع الإنشائي : يلجأ المهندسون والفنيون ومقاولو التنفيذ منذ بدء المشروع الإنشائي وفي طور إعداد التصميم الهندسية إلى دراسة وضع التربة عن طريق تجميع المعلومات وإجراء التحاليل اللازمة التي تتيح نوعية التربة التي سوف يقام عليها المبنى المراد إنشاؤه ، ومستوى ارتفاع وانخفاض منسوب المياه الجوفية ، وعلى ضوء

التربة الرملية وكذلك الطينية تكون درجة التأثير فيها أكبر من التربة الصخرية . ويرتبط على ذلك كله تعرض المباني إلى التشقق والتصدع . وتزداد درجة هذا التصدع وخطورته بمرور الزمن مما يؤدي إلى سقوطها وذلك نتيجة لما يلي :

(١) تعرض أساسات المباني إلى الانحراف والتحرك بفعل تحمل طبقات الأرض وذوبانها في الماء مما يترك فجوات وفراغات في هذه الأساسات تشكل عطوبة على هذه المباني .

(٢) تأثير الأساسات غير المسلحة أو التي لا تحتوي على حديد التسليح المقاوم للتصدع عند تمدد طبقات الأرض الطينية وذلك لتشبعها بالماء .

(٣) الصدا الذي يصيب حديد التسليح في الأساسات من جراء تعرضه لأكسجين الهواء عندما تضرر المياه هذه الأساسات نتيجة لارتفاعها ( ويحدث هذا عندما يكون عسق حفرات الأساسات غير كاف ) كما أن الأملاح التي تحتوي عليها المياه الجوفية تؤدي إلى صدا الحديد وتآكله أيضاً .

(٤) تسرب المياه وانتشارها حول الأساسات نتيجة شرح ماسورة مياه أو صرف صحي أو أقطار غزيرة لا تجد تصريفاً .

(٥) ارتفاع المياه الجوفية والسطحية يؤدي إلى هبوط في أراضيات المباني وأحياناً يكون هذا الهبوط مفاجئاً وذلك نتيجة انجراف التربة مما يترك فجوات تكون عرضة للهبوط المفاجيء .

(٦) التلف الذي يصيب شبكة التمديدات الكهربائية وتمديدات الهاتف نتيجة تسرب المياه حولها ومحاسنها وإغراقها مما يؤدي إلى تآكلها .

(٧) تدهور بعض عناصر البناء مثل البياض والطوب والرخام وغيرها .

(٨) طفع المياه داخل البهرومات والسرايب .

ويرتبط عن هذه الأضرار - التي تسبب المباني وتؤدي إلى تصدعها وسقوطها إذا لم تتم معالجتها - مشكلات اقتصادية وصحية وقانونية تتمثل في :

— زيادة تكاليف البناء بسبب المصروفات الإضافية المترتبة عن سحب المياه والتحصين ضد احتمالات ارتفاعها .

— زيادة تكاليف الصيانة للمباني أو شبكات التمديدات الكهربائية أو شبكات توزيع المياه أو شبكات التصريف الصحي .

— تقصير عمر المباني والمرافق والخدمات تحت الأرضية .

— الأثر السلبي على الصحة العامة للسكان الذين يعملون أو يقيمون في البهرومات نتيجة تشبعها بالرطوبة عند طفع المياه بها وانعدام التهوية الطبيعية وتعذر دخول الشمس إليها .

— الأضرار التي يلحقها انهيار وسقوط المباني على السكان

— استخدام الأسمنت البورتلاندى المقاوم لأملح الكبريتات في الخرسانات المسلحة ولكن وجد أن هذا النوع من الأسمنت لا يقوى على مقاومة أملاح الكلوريد .

— استخدام الحديد الجلفن أو طلاء الحديد بطبقة تمنع وصول الأوكسجين إلى المعدن نفسه ، ومن سليات هذه الطريقة أنها مكلفة جداً إلى جانب أن ظهور مجرد شرخ صغير في طبقة الطلاء يحثى لوصول الأوكسجين إلى الحديد . وبالتالي يحدث الصدأ .

— من الأساليب الحديثة المطبقة لمنع الصدأ عن حديد التسليح استخدام مواد عازلة لطلاء السطح الخارجى للخرسانة لمنع وصول الأوكسجين لحديد التسليح ومنع تسرب المياه الجوفية إلى حديد التسليح .

— طريقة أخرى حديثة يوصى بها المهندسون والمتخصصون وهى استخدام غطاء خرساني سميك لحديد التسليح مع استخدام الأسمنت المخلوط بالرماد المتطاير ( Flyash ) .

**ب ) حماية الأساسات من أملاح التربة وأحماضها :**  
الدراسة الكيميائية للمواد المكونة للبيئة المحيطة بالأساسات :

وتلخص في الآتي :

(١) تختلف خواص مواد البناء المستعملة في الخرسانة مما يؤثر على نوعية ونسب المركبات الكيميائية بالخرسانة وغالباً ما تحتوي الخرسانة على مركبات الكالسيوم والمركبات السليسية بنسب كبيرة بالإضافة إلى بعض المركبات ذات النسب الضئيلة مثل مركبات الألومنيوم ومركبات الحديد والمنسيوم وقد تتواجد أيضاً مركبات الصوديوم والبوتاسيوم . هذا ومن الثابت أن تأثير الخرسانة كيميائياً بالمواد الضارة المتواجدة بالبيئة المحيطة بها ينصب في المقام الأول على التأثير في مركبات الكالسيوم . كما أن وجود المياه يثير عاملاً ضرورياً للتفاعلات الكيميائية لذا يجب الاهتمام بدراسة الوسط المحيط بخرسانة الأساسات للتعرف على الأملاح المتواجدة بالتربة وكذلك المياه الجوفية في حالة تواجدها .

وأيضاً تؤخذ الاحتياطات اللازمة بفرض احتمال تواجد المياه أو الرطوبة على المدى البعيد أي كان مصدرها حيث إن وجودها قد يؤدي إلى نشاط كيميائي بين مكونات الخرسانة والوسط المحيط ، وتهدف هذه الدراسة إلى تقييم العناصر التي تتواجد في الماء والتربة المحيطة بالخرسانة المتصلة .

(٢) العناصر الضارة بالخرسانة وتأثيرها :

( أ ) الأحماض الحرة وبعض الغازات التي تهاجم الخرسانة في وجود الرطوبة .

هذه الدراسات والتحليل والتجارب يتم تحديد أساس البنى وعمقه المناسب تقديراً لحثوث أى هبوط في التربة كما تتخذ الاحتياطات اللازمة التي تمكن الأساس من تحمل ذلك الهبوط دون أن يؤثر ذلك سلباً على البنى .

**وأجماً : الأساليب الوقائية في مرحلة تنفيذ المشروع ( البنى ) :**

(١) تكسب عملية إنشاء المائى في منطقة تقعرها المياه أهمية خاصة ولها أساليبها المتعددة ، ولكن أكثر الأساليب شيوعاً هو إحاطة المنطقة بألواح من صاج الحديد أو أنابيب كبيرة تدق إلى العمق المطلوب - ثم تشفط المياه من داخلها بواسطة مضخات ويتم مباشرة صب الأساسات بعد إتمام عملية شفط المياه .

(٢) ولتنفيذ البناء تحت منسوب المياه الجوفية طرق وأساليب خاصة تلتخص في :

— وضع مكونات الخرسانة الجافة ( أسمنت - زلط - رمل ) في أكياس محكمة تسمح بنفذ الماء بينها لا تسمح بتسرب مكونات الخرسانة إلى الأعماق . وتخلط الخرسانة الجافة لتتجمد وتكسب قوتها المطلوبة وهذه الطريقة تستخدم في حالة استحالة خلط الخرسانة بالطرق التقليدية في البناء تحت الأعماق .. كما تستخدم في صب القواعد الخرسانية العادية فقط ولا يمكن استخدامها في صب القواعد الخرسانية المسلحة لما يمكن أن تسببه المياه الجوفية من صدأ لحديد التسليح .

— تحديد مساحة معينة بواسطة قوائم حديدية أو خشبية لوضع الخرسانة داخلها بواسطة مضخة تستخدمها غواصون متمرسون ومتخصصون . وتستخدم هذه الطريقة في البناء الذي يتطلب عمقاً محدداً .

— وإذا كان البنى المطلوب إنشاؤه مصمماً على أساس الخرسانة المسلحة فإنه يتم استخدام طريقة أخرى تعتمد على الطين السائل حيث يتم حفر التربة بالشكل المطلوب وغلاً بسائل غليظ لطرد المياه الجوفية عن هذه الحفرة .. ثم تصب الخرسانة بعدئذ وبعد أن يتم وضع التسليح في مكانه الصحيح .

— وهناك طريقة أخرى أكثر تعقيداً وأكثر خطورة وهى ما تعرف بطريقة القيسون ( Caissons ) وفيها تدق أسطوانة قوية حتى العمق المطلوب وتفرغ من الماء بضغط الهواء . وعندئذ ينزل عمال متخصصون إلى العمق ويقومون ببناء المخطط المطلوب وذلك تحت ضغط مرتفع وتطلب هذه الطريقة عمالاً مهرة وأجهزة معقدة كما أنها لا تخلو من الحوادث في الغالب .

(٣) أما أساليب مقاومة الصدأ عن طريق مكافحة الأملاح الضارة التي تسبب الصدأ في حديد التسليح فهي أيضاً متعددة . ونكتفى بذكر الأساليب التالية :

بعض الأحماض العضوية تكون طبقة حامية مثل حامض الأوكساليك والتريتيك .

والأحماض الحيوانية ليس لها تأثير يذكر على الخرسانة المتصلدة . وقد يحدث أن يحل الهيدروجين محل الأيونات الموجبة في الأملاح العضوية لينتج أحماض غير عضوية . كما أن تلك الأحماض تؤثر على تصلد الخرسانة الطازجة إذا ما وصلت إليها كمية صغيرة من التفاتات كمصدر للأحماض العضوية .

ثانياً : **الكبريتات** : تتفاعل الكبريتات مع مركبات الكالسيوم والألومنيوم في الأسمنت والطوب وتكون مركبات ذات قابلية شديدة لامتصاص الماء وهذا يسبب الانتفاخ في الخرسانة مما يؤدي إلى الشروخ الشعيرة .

ثالثاً : **أملاح المنيسيوم** : كلوريدات وكبريتات المنيسيوم تذيب هيدروكسيد الكالسيوم من الأسمنت والطوب وتكون هيدروكسيد المنيسيوم الرخو مكوناً كتلة جيلاتينية وذلك بالإضافة إلى مهاجمة الكبريتات لمركبات الكالسيوم والألومنيوم في الأسمنت كما في البند ثانياً .

رابعاً : **أملاح الألومنيوم** : تذيب أملاح الألومنيوم عدا كبريتات الألومنيوم - أوكسيلات الألومنيوم - فلوريد الألومنيوم ( وتظهر الرائحة الأمونيا النشادر ) التي تلوذ في الماء - كبريتات الألومنيوم تؤثر على الخرسانة كما هو مبين بالبند ثانياً أما الأمونيا ( النشادر ) فليس لها تأثير ضار على الخرسانة .

خامساً : **الماء العذب** : الماء العذب ذو عسر كل أقل من ( ٥٠٠ جزء / مليون ) ويحتوي على أملاح الكالسيوم والمنسيوم أو الكالسيوم فقط . ووجود نسبة ضئيلة من هذه الأملاح يؤدي إلى إذابة هيدروكسيد الكالسيوم في الأسمنت والطوب وعلى أي الأحوال لا يشكل العسر الكل خطراً كبيراً على الخرسانة .

سادساً : **الدهون والزيوت** : تتأثر الخرسانة بالدهون والزيوت ويختلف التأثير باختلاف التركيب الكيميائي لتلك الدهون والزيوت وعلى حالته الطبيعية ( سائل أم صلب ) .

١) **الدهون والزيوت النباتية والحيوانية** : تؤثر الدهون والزيوت النباتية والحيوانية على الخرسانة وهي عبارة عن إسترات الأحماض الدهنية وهي تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم في الأسمنت لتكون أملاح الكالسيوم للأحماض الأمينية ( الصابون ) وحيث إن تفاعلية الدهون والزيوت النباتية والحيوانية خلال الخرسانة بطيئة لذا لا يشكل وجودها خطراً جسيماً .

٢) **الزيوت المعدنية والدهون** : لا تؤثر الزيوت المعدنية

- ب) **الكبريتيد** ( كبريتيد الهيدروجين ) .
- ج) **الكبريتات** .
- د) **بعض أملاح المنيسيوم** .
- هـ) **أملاح الأمونيا** .
- و) **بعض المركبات العضوية** .

وهناك بعض المصادر الأخرى والتي سمح ذكرها فيما بعد :  
أولاً : **الأحماض الحرة** : الأحماض الحرة لها قدرة على إذابة المركبات الأمينية كما أنها تضر الطوب والركام إذا كان محتوياً على كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم .

ويمكن التعرف على وجود الأحماض بواسطة قياس الأس الهيدروجيني فإذا قل الأس الهيدروجيني عن ٦,٥ فإن ذلك يعني أن الوسط له تأثير ضار بالخرسانة ويوضح البند التالي ( رقم ١٦ ) ورابعاً ) التأثير الضار للأحماض الحرة على الخرسانة .

١ - **الأحماض المعدنية** : الأحماض المعدنية ولها القدرة على إذابة الأسمنت وتؤثر على الركام في حالة احتوائه على أملاح الكربونات ومن هذه الأحماض حامض الكبريتيك ، الهيدروكلوريك والتريتيك ... وغيرها ومن أمثلة ذلك :

أ) **كبريتيد الهيدروجين** ( يد ٢ ك ب ) :

قدرته أقل على إذابة الخرسانة وهو يتخلل الخرسانة على هيئة غاز ويلوذ في وجود الرطوبة ويحيط حامض الكبريتيك وأملاح الكبريتات في وجود زيادة من الهواء كما أن الكبريتيدات الغير قابلة للذوبان مثل ( البيريت والمركسيت ) قد تتأكسد إلى كبريتات وحامض الكبريتيك في الجو الرطب المحتوي على الأوكسجين .

ب) **ثاني أكسيد الكبريت** :

يتمص داخل الخرسانة على هيئة غاز ويلوذ في الرطوبة ويكون حامض الكبريتوز ( يد ٢ ك ب ٣ ) الذي يتأكسد إلى حامض الكبريتيك ( يد ٢ ك ب ٤ ) وأملاح الكبريتات بند ( ١ ) .

ج) **حمض الكربونيك الذائب** :

يهاجم حامض الكربونيك الخرسانة مثل باقي الأحماض الضعيفة فيذيب هيدروكسيد الكالسيوم ولا يعتبر الأس الهيدروجيني مقياساً لتركيز الجير الذائب في حامض الكربونيك .

٢) **الأحماض العضوية الحرة** : الأحماض العضوية أقل خطورة من الأحماض غير العضوية والأحماض العضوية مثل ( حامض الخليك - اللاكتيك - البيوتريك ) تذيب الكالسيوم من مكونات الأسمنت والطوب وتكون ملح الأحماض كما أن

والدهون على الخرسانة في حالة خلوها. تماماً من الأحماض والدهون النباتية أو الحيوانية .

(٣) زيوت القار : تحتوى دائماً الزيوت المتوسطة والزيوت الثقيلة على الفينول ( حامض الكربوليك ) ومشتقاته وهذا الحمض يكون مع الخرسانة أملاح الفينولات . والخرسانة غير المسامية لا تتأثر تأثراً محسوساً بتلك المركبات .

سابعاً : تواجد المواد المهاجمة للخرسانة : المياه : مصادر المياه متعددة وهى كالآتى :

(١) مياه البحر : الأملاح الأساسية التى تهاجم الخرسانة هى الكبريتات والكلوريدات وأملاح المغنسيوم وتحتوى مياه البحر الأبيض المتوسط والبحر الأحمر على نسب عالية من تلك الأملاح وتتراوح الأملاح الذائبة فيها ( ٣٠٠٠٠ - ٤٠٠٠٠ ) جزء في المليون .

(٢) مياه الآبار : مياه الآبار الصالحة للشرب عادة تكون نقية من الناحية الكيميائية وقد تحتوى على الجير الذائب في حامض الكربونيك ويجب الحرص عند استعمالها في أعمال الخرسانة .

(٣) مياه المستنقعات : تحتوى مياه المستنقعات على مواد تهاجم الخرسانة في صورة جير ذائب في حامض الكربونيك - الكبريتات - الأحماض العضوية .

(٤) المياه الجوفية والمختزنة : تحتوى المياه الجوفية على الكالسيوم الذائب في حامض الكربونيك - كبريتات المغنسيوم - كبريتيد الهيدروجين - الأمونيا وقد تحتوى على مواد عضوية ضارة بنسب عالية وذلك في حالة تداخل مياه ضارة مثل مياه الصرف الصحي والمياه التى قد تنساب من مصدر سطحي أو جوف وتخترق في التربة وتنساب من الشقوق أثناء الحفر وتحتوى على نسبة عالية جداً من الأملاح كما يحدث في خارج مدينة السويس أو الصحراء بين الواسطي والفيوم على سبيل المثال حيث ترتفع نسبة الكبريتات لأكثر من ٨٠٠٠ جزء في المليون ( وهذا يفوق التواجد بمياه البحر ) .

(٥) مياه الأنهار : مياه الأنهار نقية تماماً وربما تحتوى على الشوائب ونسبها عموماً لا تصل إلى حد الخطورة على خرسانة .

(٦) مياه الصرف الصحي : تحتوى مياه المجارى على مواد عضوية ومواد غير عضوية وعصروماً الأحماض العضوية وغير العضوية وأملاحها . وتتواجد هذه المياه بكميات كبيرة في المناطق الصناعية ، ولاستعمال تلك المياه في خلط الخرسانة يجب ألا تحتوى على نسب أعلى من النسب المسموح بها في أعمال الخرسانات . وتحتوى المناطق الصناعية على مخلفات بها عناصر -

كما أن المياه الناتجة من مصنع حفظ المأكولات والجلفنة ( الطلاء ) تحتوى على عناصر غير عضوية مثل الكبريتات والأحماض المعدنية ، وتحتوى مياه الصرف لهذه المصانع ومصانع الكوك أيضاً على أملاح الأمونيا والفينول .

ثامناً : التربة :

(١) تربة تحتوى على الكبريتات :

تتكون طبقات رسوية من الجبس القابل للذوبان والجبس غير المتسمى بسمك كبير في بعض المناطق كسيناء ورأس غارب والبرياتين بالصحراء الغربية وقد يتواجد الجبس أيضاً مختلطاً بالتربة والترسيبات السطحية وخاصة بعض المناطق الصحراوية على هيئة حبيبات . أو على هيئة طبقة قد يصل سمكها إلى عدة سنتيمترات . وقد يكون الجبس غير متسمى وقد يكون الكبريتات قابلة للذوبان في الماء .

(٢) تربة البرك : تحتوى تربة البرك المرحومة على المواد المتواجدة كما في البند ٣ من سابعاً بالإضافة إلى كبريتات الحديد (بيريت + مركب ح ك ب) كما في بند ٢ من أولاً وتتواجد أيضاً بالتربة الطفلية .

الثانيات والمخلفات الصناعية : تحتوى الثفانيات والمخلفات الصناعية تعتمد على مصدرها ، وعادة تتواجد بها المواد المذكورة بالعناصر الضارة بالخرسانة وتأثيرها بكميات كبيرة . والمحلول للماء لهذه المواد يهاجم الخرسانة .

ثاسعاً : الغازات : عادم الصناعة ومخلفات الحريق مصحوبة بغازات من الممكن أن ينتج عنها أحماض معدنية وأحماض عضوية وثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وتلوث الغازات إما في الرطوبة أو في مياه الأمطار لتكون محاليل تهاجم الخرسانة أما الأملاح المتكونة مثل الكبريتات فمن الممكن أن تلوث في ظروف ملائمة وتهاجم الخرسانة ، والخرسانة لا تتأثر بغاز ثاني أكسيد الكربون الذى ينتج كعادم للاحتراق ولكن إذا زادت نسبته فإنه يتفاعل مع الخرسانة فيساعد على حماية الحديد ضد التآكل .

عاشراً : تقييم الماء والتربة والغازات :

بصفة عامة فإنه من الممكن اختبار عينة من الماء لتقييم مدى مهاجمة للخرسانة . كما أنه يمكن تقييم المواد الضارة بالخرسانة في التربة المخططه بالأساس وذلك بإجراء الاختبار إما على التربة المشبعة أو على التربة الجافة في حالة عدم وجود ماء بالموقع .

الحادى عشر : المياه

(١) الفحص الخارجى :

تتميز المياه الضارة عند الفحص الظاهري باللون الداكن - الرائحة - وجود ترسيبات جيس - خروج غاز ( غاز المستنقعات - حامض الكربونيك ) - تأثير صهيد الشمس



البوتاسيوم ، ويجرى الاختبار مرتين وخصوصاً في حالة المياه العذبة المحتوية على كبريتيد الهيدروجين التي تهاجم الخرسانة وأيضاً إذا كان اختزال محلول برمنجنات البوتاسيوم يزيد عن ٥٠ مجم / لتر في عملية المياه المرشحة وعموماً فالتقييم القائم على الخبرة ضروري جداً وخصوصاً في تقييم المياه الناتجة عن الصناعات .

### ٣) حدود المكونات المهاجرة في المياه :

حدود المكونات في المياه الطبيعية مبينة في الجدول التالي والقيم الموضحة بالجدول لها أهميتها لتقييم المياه الراكدة والمياه ذات الحركة البطيئة لاحتوائها عادة على نسب كبيرة من المواد الضارة التي لا تقل نسبتها بالمياه باستمرارية تفاعلها مع الخرسانة .

تقيم خطورة المياه المخترقة على الخرسانة بواسطة الجدول التالي وتكون المياه ذات ضرر بالغ في حالة زيادة أى من القيم ومن ١ - عن الحد المسموح به وتحدد الأضرار بناء على قيم بندين لا أكثر وتؤخذ القيمة العليا للضرر عند التقييم .

### جدول يبين حدود التقييم للمكونات الضارة بالمياه

| م   | الفحص                                       | الأضرار     |             |              |
|-----|---|-------------|-------------|--------------|
|     |   | أضرار قليلة | أضرار شديدة | أضرار خطيرة  |
| (١) | الأس الهيدروجيني                            | ٥,٥ - ٦,٥   | ٤,٥ - ٥,٥   | أقل من ٤,٥   |
| (٢) | حامض الكربونيك على هيئة (ك أ) / مجم / لتر . | ٣٠ - ١٥     | ٦٠ - ٣٠     | أعلى من ٦٠   |
| (٣) | الأمونيا (ن يد <sup>٤</sup> ) / مجم / لتر . | ٣٠ - ١٥     | ٦٠ - ٣٠     | أعلى من ٦٠   |
| (٤) | المغنسيوم (ما <sup>٢</sup> ) / مجم / لتر .  | ٣٠٠ - ١٠٠   | ١٥٠ - ٣٠٠   | أعلى من ١٥٠٠ |
| (٥) | الكبريتات (ك ب) / مجم / لتر .               | ٦٠٠ - ٢٠٠   | ٢٠٠ - ٦٠٠   | أعلى من ٢٠٠٠ |

ملحوظة : بالإضافة إلى أهمية تقييم المكونات الضارة في الماء فمعدل التأثير الضار على الخرسانة يتزايد مع درجات الحرارة العالية والضغط العالي أو تعرض الخرسانة لمياه متحركة أو تحت ضغط هيدروستاتيكي أو الرج السريع ويقل معدل تأثير الخرسانة في درجة الحرارة المنخفضة - وكذلك في وجود كميات قليلة من المياه . ووجود مياه متحرك يبطئ هذا لأن المكونات الضارة تزداد نسيباً ببطء كما هو في حالة التربة قليلة النفاذية (معامل النفاذية)  $K > 10^{-6}$  م / ثانية .

التالي عشر : التربة :

### التربة الضارة :

#### (١) الفحص الخارجي :

(٢) الفحص الكيميائي : الفحص الكيميائي للتربة يجب أن يكون على النحو التالي :

- أ ( الحامضية العضوية .  
 ب ( الكبريتات ( كب أ ٣ ) % للتربة المجففة بالماء .  
 جـ ( كبريتيد ( كب ) % للتربة المجففة بالماء .  
 كبريتيد أكثر من ١٠٠ جم / ك على هيئة كب - للتربة المجففة  
 في الهواء ( أكثر من ٠,٠١ % كب - ) .  
 التربة المهاجة :

وهذا الفحص يدل على أهم خواص ومكونات التربة الضارة  
 كيميائياً بالحرسنة والتقييم بواسطة الخبر ضروري جداً  
 في حالة التلوث الصناعي وكذلك في حالة التربة المخوية على أن قيم هذه الحدود تقل إذا ما قلت نفاذية التربة .

جدول يبين حدود وتقييم خطورة التربة المهاجة على الحرسنة

| الاعبارات   | الخطورة                      |             |
|---|------------------------------|-------------|
|   | خطورة بسيطة                  | خطورة جسيمة |
| حامضيا<br>الكبريتات ( كب أ ٣ )<br>المزودة حوالي ( % ) | أقل من ٢٠ ملل<br>٠,٤٢ - ٠,١٧ | أقل من ٠,٤٢ |

ملحوظة : يستعمل الأسمنت ذو المقاومة العالية للكبريتات عندما تزيد نسبة الكبريتات بالماء عن ٤٠٠ جم / لتر ( كب أ ٣ )  
 عدا مياه البحر ، أو في حالة زيادة الكبريتات عن ٠,٣ % للتربة المجففة هوائياً والحدود المفتوحة لتواجد هذه الأملاح بالجدول التالي .  
 ثالث عشر : الغازات :

يمكن بالخبرة تقييم خطورة الغاز في حالة تواجده بكثرة في الوسط المحيط بالحرسنة ويمكن تحليله لمعرفة مكوناته والتعرف أيضاً  
 على الغاز المتواجد بالحرسنة للمقارنة .

جدول تأثير الحرسنة بالتربة والمياه المخوية على تركيزات مخضفة من الكبريتات

| الكبريتات<br>درجة التأثير | الكبريتات القابلة للذوبان في<br>الماء ( كب أ ٣ ) % | الكبريتات في المياه الجوفية<br>الكبريتات في المياه ( كب أ ٣ )<br>جزء في المليون |
|---------------------------|--|---|
|                           | صفر - ٠,٠٨   | صفر - ١٢٥   |
| تأثير ضئيف                | ٠,٠٨ - ٠,١٧  | ١٢٥ - ٨٠٠   |
| تأثير إعتدال              | ٠,١٧ - ٠,٤٢  | ٨٠٠ - ١٦٠٠  |
| تأثير محسوس               | أكثر من ٠,٤٢                                       | أكثر من ١٦٠٠  |
| تأثير خطير                |  |   |

كبريتات مهاجة للحرسنة .

جدول يبين تأثير الحرسنة بالكبريتات في وجود الكلوريدات

| مهاجمة المياه في<br>الظروف<br>العادية | الكبريتات ( كب أ ٣ ) المائية في الماء |                     |                    |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------|
|                                       | كل - > ١٠٠٠ جم / لتر                  | كل - > ١٠٠ جم / لتر | كل - > ١٠ جم / لتر |
| درجة المهاجة                          | كل - > ١٠٠٠ جم / لتر                  | كل - > ١٠٠ جم / لتر | كل - > ١٠ جم / لتر |
|                                       | أقل من ١٥٠                            | أقل من ٢٠٠          | أقل من ١٠٠         |
| عملياً ليس خطراً                      | ٣٠٠ - ١٥٠                             | ٢٥٠ - ٢٠٠           | ١٥٠ - ١٠٠          |
| ضعيف للمهاجة                          | ٥٠٠ - ٣٠٠                             | ٦٠٠ - ٢٥٠           | ٣٠٠ - ١٥٠          |
| متوسط للمهاجة                         | ١٠٠٠ - ٥٠٠                            | ١٢٥٠ - ٦٠٠          | ٥٠٠ - ٣٠٠          |
| عالي للمهاجة                          | أكثر من ١٠٠٠                          | أكثر من ١٢٥٠        | أكثر من ٥٠٠        |
| خطير للمهاجة                          |                                       |                     |                    |

● + = الماغنسيوم ( أيون ) .

● - = كلور ( أيون ) .

● + = الأمونيا ( أيون ) .

جدول يبين الاحتياطات اللازمة لحماية الخرسانة من الكبريتات المهاجرة

| خرسانة حميدة الرمل   |                         |     |     | الكبريتات على هيئة كب أم                |                |                            |               |
|--|-------------------------|-----|-----|---|----------------|----------------------------|---------------|
| نسبة   | أقل محتوى الأسمت        |     |     | نوع الأسمت                              | المادة المخرقة | الغربة                     |               |
|  | أعلى حجم للركام المسعمل | ٢٠م | ٤٠م |   |                | كب أم الكلي %              | كب أم محلول   |
| للاه / الأسمت  | ١٠م                     | ٢٠م | ٤٠م |   |                | ١ تربة : ٢ ماء<br>جم / لتر | جزء / ١٠٠٠٠٠٠ |
| ٠,٥٥   | ٢٣٠                     | ٢٨٠ | ٢٤٠ | أسمت بورتلاندى عادى<br>أو<br>أسمت حديدى | ١٠٠٠٠٠٠٠       | ٠,٢                        | أقل من ٣٠٠    |
| ٠,٥٠   | ٢٨٠                     | ٢٣٠ | ٢٩٠ | أسمت بورتلاندى عادى<br>أو أسمت حديدى    | ١٢٠٠ × ٣٠٠     | ٠,٥ - ٠,٢                  | —             |
| ٠,٥٥   | ٢٣٠                     | ٢٨٠ | ٢٤٠ | أسمت مقاوم للكبريتات                    | ٢٥٠٠ - ١٢٠٠    | ١ - ٠,٥                    | —             |
| ٠,٥٠   | ٢٨٠                     | ٢٣٠ | ٢٩٠ | أسمت مقاوم للكبريتات                    | ٢٥٠٠ - ١٢٠٠    | ١ - ٠,٥                    | ٣,١ - ١,٩     |
| ٠,٤٥   | ٤٢٠                     | ٣٧٠ | ٣٣٠ | أسمت مقاوم للكبريتات                    | ٥٠٠٠ - ٢٥٠٠    | ٢ - ١                      | ٣,١ - ٥,٦     |
| مثل البند (٤) مع إضافة مادة غاملة تقارب في الماء لتكوين طبقة حماية مثل الأسفلت<br>أو بيتومين مستطب . |                         |     |     | أكثر من ٥٠٠٠                            | أكثر من ٥,٦    | أكثر من ٢                  | —             |

## حماية الأساسات من تأثير الكيماويات :

## ملحوظة :

تتغير الكبريتات التي توجد بالتربة والمياه الجوفية وكذلك الأحماض الموجودة في التربة العضوية من أكثر الكيماويات الضارة بخرسانة الأساسات .

وكقاعدة عامة فإن الأساسات يمكن أن تقاوم التأثير الضار هذه الكيماويات في حالة ما إذا كانت الخرسانة المستخدمة في الأساسات عالية الكثافة . وذات محتوى أسمت غنى . مع زيادة سمك الغطاء الخرساني لحديد التسليح . ويوضح الجدول السابق التوصيات والاحتياطات الواجب مراعاتها في تصميم الخلطات الخرسانية المسلحة للأساسات المقاومة للكبريتات .

ولاستخدام هذا الجدول يجب الأخذ في الاعتبار النقاط التالية :

( ١ ) يشترط أن يكون الأس الهيدروجيني (P.H) للمياه الجوفية بين ٦ ، ٩ وألا تكون التربة أو المياه الجوفية ملوثة بكبريتات غير طبيعية أملاح الأمونيوم على سبيل المثال .

( ٢ ) لا يوصى باستخدام الخرسانات المجهزة من الأسمت البورتلاندى العادى في الحالات الحامضية (PH > ٤) ويمكن الحصول على خرسانة مقاومة للأحماض ذات التركيز الضعيف بزيادة كثافة الخرسانة وتقليل نفاذيتها إلا أنه يصعب الحصول

( ١ ) إذا زادت نسبة ثالث أكسيد الكبريت الذاتية بالخامض ( الكبريتات الكلية ) في عينة التربة عن ٠,٥ % يجب تعيين نسبة الكبريتات الذاتية في الماء على هيئة ثالث أكسيد الكبريت حيث إن التربة الجبسية أو التربة المحتوية على عروق الجبس تحوى على كبريتات لا تذوب في الماء في الظروف العادية وتعتبر غير ضارة إذا ما احتفظ الوسط بها دون تغيير يساعد على ذوبانها والذي يؤدي إلى زيادة نسبة ثالث أكسيد الكبريت إلى الحد الضار .

( ٢ ) يمكن التغاضي عن استخدام الأسمت المقاوم للكبريتات في خرسانة الأساسات الضحلة في التربة الصحراوية - حيث تغيب المياه الأرضية عند الإنشاء مع احتمال تواجدها مستقبلاً - ولكن يلزم دهان أوجه الخرسانة المسلحة بوجهين على الأقل من البيتومين المؤكسد أو أى مادة عازلة مع زيادة سمك الغطاء الخرساني حول حديد التسليح . كما يحدد الخرسانة العادية أسفل القواعد المسلحة باعتبار أن إجهادات التحميل تنقل من القواعد المسلحة خلال القواعد العادية إلى التربة بمستويات تمل ٢ : ١

( ٢ رأى : ١ أفضى ) .

( ٣ ) في الأساسات الخازوقية تزداد نسبة الأسمت في الخرسانة عن الموضحة بالجدول بمقدار ٧٠ كجم للمتر المكعب .

( ٢ رأى : ١ أفضى ) .

( ٣ ) في الأساسات الخازوقية تزداد نسبة الأسمت في الخرسانة عن الموضحة بالجدول بمقدار ٧٠ كجم للمتر المكعب .

(١٦) وجود جذور الأشجار أو النباتات بالقرب من الأساسات .

(١٧) التأسيس بطريقة غير مناسبة على تربة انهارية أو تربة انتفاشية .

### ج - أحوال الزلازل التصميمية :

#### ١ - مقدمة :

أ ( هذا الفصل يقدم ضوابط تصميم المباني المقاومة للزلازل .

ب ) وضعت الضوابط المذكورة في هذا البند بحيث تتجاوب المباني مع الزلازل المعرضة لها طبقاً لشدة الزلازل ونوع البنى بحيث تكون المباني قادرة على قدر المستطاع أن تتجاوب مع هزات متوسطة الشدة بدون تصدع وإنشائي وأن تتجاوب مع هزات ذات شدة عالية نسبياً بدون انهيار كامل .

جـ ( تسبب الزلازل حركة عشوائية للأرض تتجع عنها عجلة أرضية يمكن تخيلها إلى ثلاثة مركبات اثنان منها أفقيتان والثالثة رأسية .

د ) يفترض عند التصميم أن القوى الزلزالية الأفقية تؤثر في اتجاه المحاور الرئيسية للمبنى في كل اتجاه على حدة ولكن ليس في الاتجاهين معاً في نفس الوقت .

هـ ) يراعى عند التصميم عدم أخذ أحوال الزلازل وأحوال الرياح معاً ويتم تصميم المباني وعناصرها المختلفة على الأكبر تأثيراً منهما .

و ) يكون معيار تصميم المباني كالتالي :

(١) تستخدم طريقة « الحمل الإستاتيكي المكافئ » المذكور (في البند ٣ التالى) للمباني التى لا تزيد ارتفاعها عن ٤٥ متراً ولها شكل منتظم وذات طراز إنشائي منتظم لمقاومة الأحمال .

(٢) تستخدم طريقة « التجاوب الطيفي » المذكورة ( في البند ثانياً ) للمباني التى يتراوح ارتفاعها بين ٤٥ متراً ، ٧٥ متراً وذات طراز إنشائي منتظم لمقاومة الأحمال .

(٣) تستخدم طريقة « التجاوب الديناميكي » المذكورة ( في البند ثالثاً ) للمباني التى يزيد ارتفاعها عن ٧٥ متراً للمباني غير المنتظمة وكما هو موضح ( في البند ثالثاً ) .

ز ) يكون الطراز الإنشائي المنتظم من بلاطات لا كمرية أو بلاطات بكرمات مع أعمدة وحوائط قص بحيث تمتد الأعمدة وحوائط القص باستمرارية حتى منسوب الأساسات .

### ٢ - الإجهادات المسموحة :

أ ( عند تصميم المنشآت ضد الزلازل طبقاً لطريقة « إجهاد التشغيل » فإنه يمكن زيادة الإجهادات المسموحة للمواد

على بحرانة ذات مقبولة مناسبة للأحمال عالية التركيز وتعتبر مقبولة الأممت السور سلفات للأحمال ضعيفة التركيز أحسن من الأممت البورتلاندى العادى إلا أنه يجب الأخذ في الاعتبار الحدود المقترحة من الجهة المصنعة لهذا النوع من الأممت .

(٣) عند وجود قطاعات خرسانية رفيعة أو قطاعات معرضة لضغط هيدروستاتيكي على جانب واحد فقط . أو قطاعات مضغوطة جزئياً فإنه يجب تخفيض نسبة مياه الخلط إلى الأممت أو زيادة كمية الأممت .

(٤) على الرغم من أن أملاح الكلوريدات ليس لها تأثيراً ضاراً مباشراً على الخرسانة مهما كان تركيزها إلا أن احتراق أملاح الكلوريدات للغطاء الخرساني يساعد على صدأ حديد التسليح ولذلك يجب التأكد على أهمية أن تكون الخرسانة كثيفة وسمك الغطاء الخرساني من ٥ إلى ٧ سنتيمترات وذلك في حالة زيادة كمية الكلوريدات عن ٣٠٠٠ جزء في المليون مع استخدام غطاء عازل مثل الأسفلت أو البتومين أو تغليف الأساس بمادة غير منفذة للمياه .

### بعض أسباب فشل الأساسات الضعلة :

كثيراً ما يرجع السبب في حدوث التصدعات أو انهيار المنشآت إلى تصدع أو فشل الأساسات . وفيما يلي بعض الأسباب التي تؤدي إلى فشل الأساسات الضعلة :

(١) عدم القيام بدراسة الموقع أو إجراء استكشاف غير سليم للموقع من حيث عدد الجسات وأعماقها ونوع التثبيت المستخدم .

(٢) التوصيف الخاطيء للتربة .

(٣) عدم الدقة في تحديد خواص التربة .

(٤) التغير في خواص التربة ومنسوب المياه الأرضية .

(٥) عدم إجراء تحليل كيميائي للتربة والمياه الأرضية .

(٦) الحفر لصق يزيد عن أصماق الأساسات المنشآت المجاورة بدون عمل الدراسات والاحتياطات اللازمة .

(٧) استخدام طريقة غير مناسبة لنزع المياه الأرضية .

(٨) وجود مصدر لاهتزازات زائدة .

(٩) عدم اتزان القوى الأفقية .

(١٠) ضغط التحميل الزائد على التربة .

(١١) الهبوط المتفاوت الزائد .

(١٢) استخدام أنواع غير مناسبة من الأساسات .

(١٣) تأسيس الأجزاء المختلفة لنفس المنشأ على طبقات مختلفة من التربة .

(١٤) النحر .

(١٥) انتفاش التربة عند انخفاض الحرارة إلى درجة التجمد .

المستخدمة في الإنشاء بمقدار ٣٣٪ وذلك عندما تؤخذ قوى الزلازل إلى جانب القوى التصميمية الناتجة من الأحمال الميتة والأحمال الحية .

ب ) لا يسمح بأى زيادة في إجهادات التلصق بين حديد التسليح والخرسانة في المنشآت الخرسانية المسلحة .  
جـ ) لا يسمح بزيادة الإجهادات المسموحة عند تصميم

الوصلات ونقاط الاتصال والشكالات وأعضاء الأتزان ١ - القوى العرضية التصميمية :  
للمنشآت المعدنية .

عند أخذ قوى الزلازل في الاعتبار عند التصميم فيمكن زيادة إجهاد تحمل التربة بمقدار ٣٣٪ ولا يسمح بأى زيادة في إجهاد تحمل التربة في حالة الرمل السائب والطين الضعيف .

$$V = Z, I, S, K, C, W$$

معادلة (١)

حيث :

Z معامل المنطقة الزلزالية : ويحدد على المنطقة المزمع إقامة المنشأ بها وتؤخذ قيمة (Z) من الجدول التالي :  
وتقوى المزوم على المباني ذات ارتفاع لا يزيد عن ٤٥ متراً

جدول يبين قيم معامل المنطقة الزلزالية (Z)

| رقم المنطقة | المنطقة   | Z   |
|-------------|---|-----|
| ٣           | شبه جزيرة سيناء والمحافظات الواقعة على طول البحر الأحمر والبحر المتوسط ومحافظات أسوان والقنطرة والسويس والإسماعيلية . | ٠,٤ |
| ٢           | المحافظات الواقعة على طول وادي النيل فيما عدا ما ذكر أعلاه .  | ٠,٢ |
| ١           | باقي محافظات الجمهورية  | ٠,١ |

(I) هو معامل أهمية المبني : ويحدد على الاستخدام المتوقع له . وتؤخذ قيم هذا المعامل من الجدول التالي .

جدول يبين قيم معامل أهمية المبني (I)

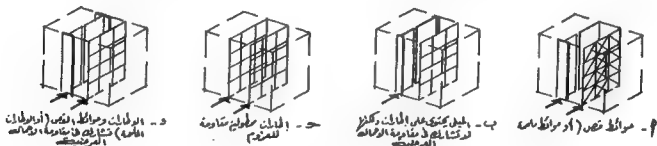
| المنطقة  | I    |
|--|------|
| مباني خاصة :<br>المباني التي يجب أن تكون آمنة ويمكن استعمالها لأغراض الطوارئ بعد الزلازل مثل المستشفيات وعجلات الإطفاء وأقسام الشرطة وغرفة عمليات الكوارث والاتصالات ... إلخ | ١,٥  |
| مباني عامة :<br>المباني المستخدمة بواسطة تجمعات كبيرة من الأشخاص مثل المدارس والمنشآت الرياضية ودور العرض السينمائي ودور العبادة .   | ١,٢٥ |
| مباني عادية :<br>المباني السكنية والفنادق والمباني الإدارية والمطاعم والمنشآت الصناعية ... إلخ   | ١,٠  |

(S) هو معامل التربة ويعتمد على نوع التربة التي يتركز عليها المبنى ، وتؤخذ قيم هذا المعامل من الجدول التالى .

جدول يبين قيم معامل التربة (S)

| نوع التربة | نوع وعمق التربة   | S    |
|------------|---|------|
| ١          | صخر ، تربة رملية كثيفة أو كثيفة جداً ، تربة طينية شديدة التماسك أو صلدة ذات عمق يزيد عن ١٥ متراً - تربة رملية متوسطة الكثافة ، تربة طينية متناسكة أو متوسطة التماسك ذات عمق أقل من ١٥ متراً . | ١,٠  |
| ٢          | تربة رملية متوسطة الكثافة ، تربة طينية متناسكة أو متوسطة التماسك ذات عمق أكبر من ١٥ متراً - تربة رملية سائلة إلى سائلة جداً ، تربة طينية ضعيفة أو ضعيفة جداً بعمق أقل من ١٥ متراً .           | ١,٢٠ |
| ٣          | تربة رملية سائلة أو سائلة جداً ، تربة طينية ضعيفة أو ضعيفة جداً بعمق أكبر من ١٥ متراً .   | ١,٥٠ |

(K) هو معامل النظام الإنشائى للمبنى ويعتمد على نوعية وترتيب نظام مقاومة الأحمال الأفقية كما هو موضح بالشكل التالى وتؤخذ قيم هذا المعامل من الجدول التالى :



شكل يبين الأنظمة الإنشائية لمقاومة الأحمال الأفقية

جدول يبين معامل النظام الإنشائى للمبنى (K)

| K    | النظام الإنشائى   |
|------|---|
| ١,٢٣ | مبانى ذات نظام الصندوق  |
| ٠,٨٠ | مبانى ذات نظام إنشائى يتكون من إطار فراغى مغطول مقاوم للزوم وحائط قص (أو إطار ملحم) مصممان بحيث :<br>(١) الإطارات وحوائط القص (أو الإطارات للملحمة) تقاوم القوة العرضية الكلية طبقاً لصلادتهم النسبية .<br>(٢) حوائط القص (أو الإطارات للملحمة) عاملة دون اعتماد على الإطار الفراغى ، تقاوم القوة العرضية الكلية .<br>(٣) الإطار الفراغى يقاوم ما لا يقل عن ٢٥٪ من القوة العرضية الكلية . |
| ٠,٦٧ | مبانى ذات إطار فراغى مغطول مقاوم للزوم مصمم ليقاوم القوة العرضية الكلية .   |
| ١,٠  | النظم الإطارية الأخرى   |

(C) هو معامل المنشأ ويحدد من المعادلة التالية :

$$C = \frac{1}{15(T)^2}$$

معادلة رقم (٢)

ولا تزيد قيمة (C) عن ٠,١٢ .

حيث (T) هي الفترة الأساسية للمبنى الثانية ويمكن تعيينها بإجراء اختبارات على مبانى ماثلة أو حسابها بأى من طرق التحليل الجذرية وكحل بديل يمكن تعيين (T) للمبانى متعددة الأدوار كما يلي :

أ) للمبانى ذات الإطار الفراغى الممتلئ المقاوم للعزوم المصممة لتقاوم القوة العرضية الكلية .

$$T = 0.1 N \quad \text{معادلة رقم (٣)}$$

حيث (N) هو عدد الأدوار شاملة أدوار البهروم .  
ب) للمبانى متعددة الأدوار من الأنواع الأخرى .

$$T = \frac{0.09 H_m}{d^{\frac{1}{2}}} \quad \text{معادلة رقم (٤)}$$

حيث ( $H_m$ ) هو الارتفاع الكلى للمبنى فوق القاعدة ( بالتر ) و (d) هو أكبر بعد للمبنى فى المسقط الأفقى عند منسوب القاعدة ( بالتر ) وفى اتجاه مواز للقوى الزلزالية .

(W) هو الوزن التصميمى للمنشأ ويتكون من الحمل الميت أعلا منسوب ظهر الأساسات شاملاً حمل القواطع مضافاً إليه ٢٥٪ من الحمل الحى التصميمى عندما يكون الأخير أقل من ٥٠٠ كجم / م<sup>٢</sup> أو ٥٠٪ عندما يكون أكبر من أو يساوى ٥٠٠ كجم / م<sup>٢</sup> .

### توزيع القوة العرضية :

يؤخذ تأثير الزلازل على المبانى كقوة إستاتيكية عرضية تؤثر عند منسوب بلاطة كل دور من الأدوار المبني شاملة بلاط السطح وتحسب القوى العرضية طبقاً للمعادلة التالية :

$$F_j = \frac{W_j \cdot H_j}{\sum_{i=1}^n W_i H_i} (V - F_p) \quad \text{معادلة رقم (٥)}$$

حيث :

$W_j$  : الوزن التصميمى للدور رقم (j) .

$H_j$  : ارتفاع بلاطة الدور رقم (j) مقاس من منسوب ظهر الأساسات .

$F_p$  : قوة إضافية تؤثر عند منسوب بلاطة السطح وتحسب من المعادلة التالية :

$$F_p = 0.07 T V \quad \text{معادلة رقم (٦)}$$

ولا تزيد  $F_p$  عن ٢٥٪ من (V) وتؤخذ صفرًا عندما تكون (T) أقل من أو تساوى ٠,٧ من الثانية .

### ثانياً : طريقة طيف التجارب :

تستخدم أحوال الزلازل التصميمية المبينة فى هذا البند وطريقة توزيعها للمبانى ذات الارتفاع الأكبر من ٤٥ متراً وحتى ٧٥ متراً وذات طراز إنشائى منظم لمقاومة الأحمال .

ويؤخذ تأثير الزلازل على المبانى المذكورة فى هذا البند كقوى إستاتيكية عرضية تؤثر عند منسوب بلاطة كل دور من أدوار المبنى وتحدد قيمها باستخدام الخواص الديناميكية للمنشأ كالفتره الطبيعية والمود (mode) الطبيعى والتي يتم تعيينها بطريقة التحليل المودى ويجب ألا تقل القوى العرضية المحسوبة طبقاً لهذا البند عن ٨٠٪ من قيمة القوى العرضية المحسوبة طبقاً للبند ٣ من أولاً .

### ١) المعامل الزلزالى التصميمى :

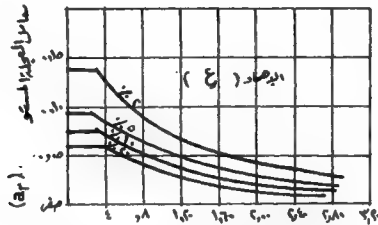
يستخدم معامل زلزالى  $C_p$  عند حساب أحمال الزلازل التصميمية طبقاً لما هو موضح فى هذا البند ويحسب من المعادلة التالية :

$$C_p = Z \cdot I \cdot S \cdot a_p \quad \text{معادلة رقم (٧)}$$

حيث :

Z, I, S معاملات تحدد قيمتها ( من البند أ من ٣ من أولاً ) .

a<sub>r</sub>: معامل المعجلة المتوسطة ويحدد من الشكل التالى طبقاً للفترة الطبيعية T والاحمال المودى (ع) للمود (r) للمنشأ



الفترة الطبيعية (T<sub>n</sub>)

شكل يبيِّن معامل المعجلة المتوسطة بدلالة الفترة الطبيعية  
والأحمال المودى (ع)

وتحدد قيم T<sub>n</sub> من تحليل الاهتزاز الحر للمبنى كما تعين قيم ع باستخدام إحدى الطرق التجريبية أو التحليلية المناسبة ويمكن الاستعانة بالجدول التالى لتحديد قيم ع التقديرية .

جدول يبين قيم العامل ع

| نوع المنشأ   | العامل ع (%) |
|--|--------------|
| حديدى ذو وصلات ملحومة أو من الخرسانة سابقة الإجهاد | ٢ - ٣        |
| من الخرسانة المسلحة                                | ٣ - ٥        |
| حديدى ذو وصلات البرشام أو ذو وصلات بمسامير قتلاروظ | ٥ - ٧        |

٣ - قوى القص عند منسوب بلاطة الدور :

٢ - الأحمال المودية (Modal) للأدوار :

يمكن الحصول على قوة القص V<sub>j</sub> المؤثرة عند منسوب بلاطة الدور j من المعادلة التالية :

تُحسب القوة F<sub>j</sub><sup>r</sup> مؤثرة عند مستوى الدور j والناتجة عن مود (mode) الاهتزاز (r) من المعادلة التالية :

معادلة رقم (١٠)

$$V_j = (1-p) \cdot \left[ \sum_{i=1}^N V_j^i \right] + p \sqrt{\sum_{i=1}^N (V_j^i)^2}$$

$$F_j^r = \alpha_r C_r C_d F_j^e \cdot w_i \quad \text{معادلة رقم (٨)}$$

حيث :

C<sub>r</sub> · W<sub>i</sub> = سبق تعريفها فى البندين رقمى (ب) من ٢ من أولاً) و (١) من ثانياً .

F<sub>j</sub><sup>r</sup> = العنصر رقم (j) من متجه الشكل المودى (φ<sup>r</sup>) وتعين بطريقة التحليل المودى .

α<sub>r</sub> = عنصر المشاركة للمود (r) ويحدد من المعادلة التالية :

V<sub>j</sub><sup>r</sup> = القيمة القصوى المطلقة لقوة القص أسفل بلاطة الدور j من المود (mode) (r) وتحدد بتجميع أحمال الدور للمود (F<sub>j</sub><sup>r</sup>) (mode) (r) للأدوار (j) ما فوقها ، أى :

$$V_j^r = \sum_{i=1}^N F_i^r$$

P = معامل يعتمد على الارتفاع الكلى للمبنى كما هو معطى فى الجدول التالى .

$$\alpha_r = \frac{\sum_{i=1}^N W_i \cdot \phi_i^r}{\sum_{i=1}^N W_i \cdot (\phi_i^r)^2} \quad \text{معادلة رقم (٩)}$$



## سادساً : تأثير الزلازل على الأنواع المختلفة للأساسات :

يُبين هذا الفصل تأثير الزلازل على الأساسات الضحلة والصمغة ويصطوي توصيات للتقليل من هذا التأثير .

ينتج التأثير الأكبر للزلازل على الأساسات من المركبتين العرضيتين للعجلة الزلزالية وعادة ما يعمل تأثير المركبة الرأسية .

### الأساسات الضحلة :

#### (١) القواعد المنفصلة :

تسبب الحركة الاهتزازية الناتجة من الزلازل إزاحة أفقية نسبية بين القواعد مما يؤدي إلى زيادة الإجهادات في قطاعات الأعمدة أسفل البلاطة الأولى للمبنى مباشرة .

وتنشأ الإزاحة الأفقية النسبية بين القواعد المنفصلة نتيجة انزلاقها وذلك لعدم كفاية مقاومة الاحتكاك للقواعد والمركزة على تربة رملية أو نتيجة للتشققات التي قد تحدث بين القواعد في التربة الطينية المتناكسة .

ولتقليل هذا التأثير يجب أن تعمل القواعد معاً كوحدة جاسئة واحدة وذلك بتزويدها بعناصر إنشائية رابطة قادرة على أن تحمل قوة محورية تصميمية في الضغط وفي الشد لا تقل عن ١٠٪ من الحمل الرأسي الأكبر من الأحمال المؤثرة على أي من القاعدتين التي يربطهما العنصر الرابط هذا ويوصى أن توضع تلك العناصر الرابطة في مستوى القواعد المسلحة على أن يمتد حديد تسليحها إلى نهاية الأعمدة .

#### (٢) الأساسات الشريطية :

يمكن أن تتعرض الأساسات الشريطية إلى إزاحة أفقية نسبية . وينتج عن الإزاحة الأفقية في الاتجاه العمودي على محور الأساسات الشريطية زيادة في الإجهادات على الأعمدة كما هو مذكور في البند السابق .

ولذلك تربط الأساسات الشريطية الموازية بواسطة عناصر ربط عرضية بين الأعمدة وتصمم هذه العناصر لتحمل قوة محورية في الضغط وفي الشد لا تقل عن ١٠٪ من الحمل الأكبر من الحمل الواقع على أي من العمودين .

وإذا ما كانت الأساسات الشريطية في الاتجاهين فإن الأشرطة في اتجاه تعمل كمعاصر ربط للأشرطة في الاتجاه الآخر .

#### الأساسات اللبشة :

لا يظهر تأثير الزلازل المذكورة في البندين السابقين على الأساسات من نوع اللبشة المسلحة ويكون التأثير الرئيسي على

## جدول بين قيم العامل ( P )

| الارتفاع (H <sub>m</sub> ) (متر) | (P) |
|----------------------------------|-----|
| حتى ٢٠ متر                       | ٠,٤ |
| ٤٠ متر                           | ٠,٦ |
| ٦٠ متر                           | ٠,٨ |
| ٧٥ متر                           | ٠,٩ |

### ثالثاً : طريقة التجاوب الديناميكي :

يتم التصميم ضد الزلازل طبقاً لطريقة التجاوب الديناميكي للمبينة في هذا البند للمباني التالية :

- ( أ ) مباني ذات ارتفاع أكبر من ٧٥ متراً .
- ( ب ) مباني ذات ارتفاع أكبر من أو يساوي خمس مرات أقل من بعد للمبنى في المسقط الأفقي .
- ( جـ ) مباني ذات طراز غير منتظم لمقاومة الأحمال .
- ( د ) مباني غير منتظمة الشكل .
- ( هـ ) مباني ذات فروق كبيرة في المقاومة العرضية للأدوار المتتالية .
- ( و ) مباني ذات لا مركزية تصميمية تزيد عن ٢٥٪ من أكبر بعد للمبنى في المسقط الأفقي عمودى على اتجاه القوى العرضية .
- ( ز ) مباني ذات خواص إنشائية غير عادية أخرى .

ويمكن تحديد التجاوب الديناميكي للمنشأ نتيجة الحركة الأرضية وذلك بتكامل معادلات الحركة للمنشأ بالنسبة للزمن ويجب أن يشمل التحليل الديناميكي الخواص الديناميكية لكل من المنشأ والتربة الحاملة له .

### رابعاً : الإزاحة العرضية :

يجب ألا تزيد الإزاحة العرضية النسبية بين دورين متتالين الناتجة عن قوى الزلازل عن ٠,٠٠٤ ( أربعة في الألف ) من الفرق في النسب بين هذين الدورين .

### خامساً : اللي :

يجب أن تكون الأعضاء المقاومة للقص في المباني قادرة على مقاومة عزوم لى ناتجة من لا مركزية في كل من الاتجاهين تحدد إما من اللامركزية المحسوبة بين مركزى الكتلة والجساعة مضافاً إليها  $\pm 5\%$  من أكبر بعد للمبنى في المسقط الأفقي عمودى على اتجاه القوى العرضية ، أو مرة ونصف اللامركزية المحسوبة أياًها أكبر .

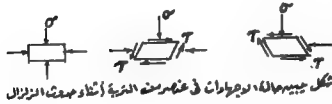
يتزايد مقدار هذا الضغط داخل الفراغات حتى يصل إلى الحد الذى يصبح عنده الضغط داخل الفراغات مساوياً للضغط الفعال الناتج عن أوزان التربة . وعند هذه المرحلة يفقد الرمل مقاومته لإجهادات القص تماماً ويتحول إلى معلق لا يمكنه تحمل أى حمل أو المحافظة على أى ميل .

٣ - مبدأ النسبة المخرجة للفراغات :

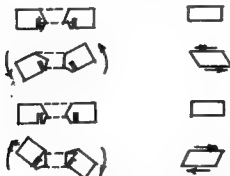
تعرف النسبة المخرجة للفراغات بأنها النسبة التى لا يحدث معها أى تغير حجمى للتربة أثناء القص ويجب استعمال هذه النسبة لأغراض التقييم المبدئى لقابلية التربة الرملية للتسلييل حيث إن سلوك التربة تحت تأثير الأحمال المترددة يختلف اختلافاً كبيراً عن سلوكها تحت تأثير الأحمال الإستاتيكية ( والى يوم منها تعيين نسبة الفراغات المخرجة ) ويجب أخذ عوامل كثيرة فى الاعتبار عند دراسة الظروف التى تؤدي إلى التسلييل مثل قيمة الإجهاد المتردد ومدة تأثيره وحالة الإجهادات الابتدائية للتربة قبل تأثير الإجهادات المترددة .

٤ - سلوك التربة الرملية المشبعة تحت تأثير الأحمال المترددة .

يمكن تمثيل حالة الإجهادات التى يتعرض لها عنصر من التربة أثناء حدوث زلزال بطريقة معملية عن طريق استخدام اختبار القص البسيط المتردد أو اختبار ثلاثى المحاور المترددى وتوضيح الأشكال التالية حالات الإجهادات الواقعة على عينة التربة فى كلا الاختبارين كما تبين هذه الأشكال بعض النتائج المحيطة لتزايد ضغط الماء داخل الفراغات والتى تؤدي إلى حدوث التسلييل بعد بضع دورات من التحميل .



شكل جيميدى حالة، دورات فى عنصر من التربة أثناء حدوث الزلزال



شكل جيميدى حالة، الفهم البسيط المتردد

المباني ذات الأساسات الضحلة من هذا النوع غير اللزود يندروم عميق هو الانقلاب والرفع الناتج من قوى عزم القصور الذاتي العرضية .

ويوصى فى هذه الحالة أن يكون الوزن الذاتي للمنشأ كافياً للاتزان المطلوب ضد الانقلاب والرفع وقد يلزم الأمر زيادة وزن الأساسات أو إضافة ردم فوق الأساسات لتحقيق درجة الاتزان المطلوبة .

### الأساسات العميقة :

عند استخدام الأساسات العميقة من نوع الخوازيق فإنه لا يظهر تأثير الزلازل من حيث الانقلاب أو الرفع الناتجين من قوى عزم القصور الذاتي العرضية . ولكن يجب فى هذه الحالة مراعاة تصميم الخوازيق لتحمل قوى القص الناشئة من الأحمال التصميمية للزلازل .

وتعامل الهامات المنفصلة معاملة القواعد المنفصلة من حيث وجوب تربطها مع بعضها بعناصر إنشائية رابطة . وإذا ما كانت الأساسات لبشة مسلحة على الخوازيق فإن خواص المنشأ الديناميكية وتجاوله الديناميكي مع الزلازل تتأثر بخواص طبقات التربة العليا ذات القابلية العالية للانضغاط . ويوصى فى هذه الحالة بإجراء تحليل ديناميكي مفصل يشمل تفاعل المنشأ مع التربة أسفله .

### سابعاً : تسلييل التربة :

#### ١ - مقدمة :

أثبتت دراسة حالات عديدة من فشل وانهار المنشآت أثناء الزلازل أن السبب فى ذلك يرجع إلى الهبوط والمبوط غير المتأثر بدرجة كبيرة نتيجة انفعالات قص غير مقبولة فى تربة الأساس فى حالة التربة الرملية المشبعة السائلة أو متوسطة الدمك يمكن أن تؤدي الهزات الأرضية إلى تناقص فى مقاومة القص وزيادة فى تشكل هذه التربة للدرجة حدوث كوارث انسيارات المنشآت المؤسسة عليها . وتعرض هذه الانهيارات إلى ظاهرة التسلييل حيث تفقد التربة غير المتاسكة مقاومتها أثناء حدوث الزلازل وما يصاحب ذلك من تحركات كبيرة لكل التربة . أو هبوط وميل المباني ذات الأحمال الخفيفة نسبياً أو الحركات الجانبية للدعامات الجدارية أو فشل السدود والمنشآت المائية .

#### ٢ - أسباب تسلييل التربة :

عندما تتعرض التربة غير المتاسكة المشبعة لهزات أرضية أثناء حدوث الزلازل فإنه قد يحدث بها تضائل فى الحجم ويحدث هذا التضائل الحجمى فى فترة زمنية قصيرة مما يسبب زيادة فى ضغط الماء داخل الفراغات البينية للتربة . ومع استمرار الاهتزاز

المتجانسة لها قابلية أكبر للتسلي من المواد جيدة التدرج . كذلك فإن فرصة حدوث التسلي للتربة ذات التصرف الكبير نسبياً مثل الرمل الخشن والرمل الزلطي والزلط أقل منها في حالة الرمل الناعم والرمل الطمي .

كذلك فإن خصائص الحركة الأرضية أثناء الزلزال تتحكم في قيمة الانفعالات المتولدة التي تسبب التسلي ، فلفنس العجلة المتولدة يتسبب الزلزال الأكبر مقدراً في زيادة حدوث الانهيارات نظراً لزيادة عدد دورات الانفعال المصاحبة له .

أما فيما يخص كثافة التربة فإن الرمل الكثيف يكون أقل عرضة للتسلي عن الرمل السائب . كذلك فإن زيادة الضغط الابتدائي المحاط المؤثر على التربة يؤدي إلى تقليل فرصة حدوث التسلي ( مثل حالة الأعماق الكبيرة من التربة أو حالة منسوب مياه جوف منخفض ) ولم تسجل حالات التسلي على أعماق تزيد عن ٢٠ متراً أسفل سطح الأرض .

كذلك فإن قابلية التسلي تتأثر بإجهادات القص الابتدائية للتربة حيث تقل فرصة حدوث التسلي بزيادة نسبة إجهاد القص الابتدائي إلى الضغط المحاط ( مثل حالة تربة قديمة من انحدار ) .

٦ - تقدير قابلية التسلي :

يمكن حساب إجهاد القص الأقصى الناجم عن زلزال تصميمي باستعمال المعادلة التالية وذلك عند أي عمق من التربة .

$$\tau_{\max} = \sigma_0 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot rd \quad \text{معادلة رقم (١٢)}$$

حيث :

$\sigma_0$  = الإجهاد الكلي عند نقطة معينة نتيجة أوزان التربة فوقها .

$a_{\max}$  = العجلة القصوى عند سطح الأرض .

$g$  = عجلة الجاذبية .

$rd$  = معامل تقليل يتغير خطياً تقريباً من قيمة تساوي

١,٠ عند سطح الأرض إلى قيمة تساوي ٠,٨ عند

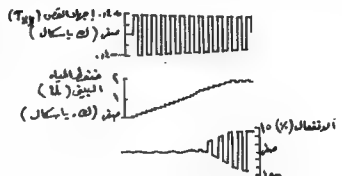
عمق ١٥,٠٠ متر من سطح الأرض .

ويمكن تقريب الإجهاد المتوسط المكافئ الناجم عن الزلزال ليكون مساوياً ٦٥٪ من إجهاد القص الأقصى كما هو موضح بالشكل التالي وعلى ذلك يكون :

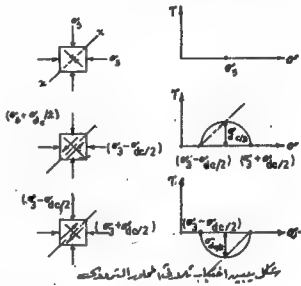
$$\tau_{av} = 0.65 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot \sigma_0 \cdot rd \quad \text{معادلة رقم (١٣)}$$

حيث

$\tau_{av}$  = إجهاد القص المتوسط المكافئ .



شكل بياني نتائج نمطية لدرجات مختلفة من التسلي على مبدئ



شكل بياني نتائج نمطية لدرجات مختلفة من التسلي على مبدئ



شكل بين نتائج نمطية لدرجات مختلفة من التسلي على مبدئ

٥ - العوامل المؤثرة على تسلي التربة :

تتأثر تسلي التربة بالعوامل التالية :

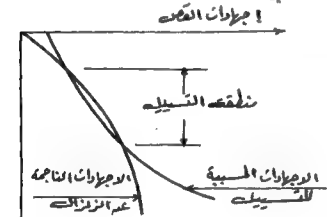
- نوع التربة .
- قيم ومدة تأثير الإجهاد المتكرر .
- الكثافة الابتدائية .
- حالة الإجهادات الابتدائية بالموقع .

ويمكن التعبير عن نوع التربة غير المتساكنة عن طريق التوزيع الحبيبي وتوجد أدلة حقلية كافية بأن المواد ذات التوزيع الحبيبي

جدول يبين عدد الاهتزازات ذات الأثر ( $N_{ac}$ )  
لتقادير مختلفة من الزلازل

| عدد الاهتزازات ذات الأثر | مقدار الزلازل |
|--------------------------|---------------|
| ١٠                       | ٧,٠           |
| ٢٠                       | ٧,٥           |
| ٣٠                       | ٨,٠           |

وبمقارنة إجهادات القص الناتجة عن الزلازل بمعادلة (١٣) بتلك المطلوبة لإحداث التسيل معادلة (١٤) فإنه يمكن إيجاد منطقة في خلال ترسيب التربة حيث يتوقع حدوث التسيل كما في الشكل التالي :



شكل جسيم الطريقة العامة لتقدير قابلية التسيل

٧ - تقدير قابلية التسيل بمعلومية مقاومة الاختراق :  
يمكن تقدير قابلية التسيل اعتماداً على خصائص المقاومة الحقلية للتربة مثل القياسات التي يمكن أن يتم الحصول عليها باستخدام تجربة الاختراق القياسي . ويمكن تلخيص هذه الطريقة كما يلي :

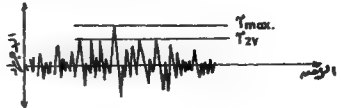
أ) يتم حساب نسبة الإجهادات المتولدة بالموقع خلال زلزال تصممي ( $R_1$ ) .

$$R_1 = \frac{\tau_{av}}{\sigma_0} \quad \text{معادلة رقم (١٥)}$$

حيث :

$\tau_{av}$  = إجهاد القص المتوسط المكافئ الناتج عن الزلازل (معادلة رقم ١٣) .

$\sigma_0$  = الإجهاد المؤثر الناتج عن أوزان التربة الواقعة أعلا الطبقة الرملية التي يتم دراستها .



شكل يبين إجهادات القص خلال فترة حدوث الزلازل

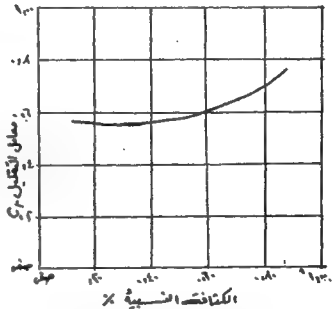
ولتقييم حالة الإجهادات المطلوبة لإحداث التسيل يمكن استعمال تجربة ثلاثي المحاور الترددي وفي هذه الحالة تستخدم العلاقة التالية لإيجاد حالة الإجهادات الحقلية التي تسبب التسيل

معادلة رقم (١٤)

$$\left( \frac{\tau}{\sigma_0} \right)_{\text{Field}} = C_r \left( \frac{\sigma_{dc}}{2\sigma_3} \right)_{\text{triaxial}}$$

حيث :

- $\sigma_0$  = الإجهاد الفعال الناتج عن أوزان التربة .
- $\tau$  = إجهاد القص المناظر الذي يسبب التسيل في عدد من الدورات مقداره ( $N_{ac}$ ) .
- $\sigma_{dc}$  = فرق الإجهادات المترددة في تجربة ثلاثي المحاور .
- $\sigma_3$  = الضغط الجانبي المتوسط في تجربة ثلاثي المحاور .
- $C_r$  = معامل تقليل في حدود ٠,٦ كما في الشكل التالي .



شكل جسيم معامل التقليل بدلالة الكثافة النسبية

ويمكن أخذ عدد الاهتزازات ذات الأثر ( $N_{ac}$ ) لتقادير مختلفة من الزلازل من الجدول التالي :

جدول يبين معامل التقليل ( $D_E$ ) لثوابت التربة طبقاً لقيم معامل مقاومة التسييل ( $F_L$ )

| معامل مقاومة التسييل $F_L$ | معامل التقليل ( $D_E$ ) |
|----------------------------|-------------------------|
| $0.6 \geq F_L$             | صفر                     |
| $0.8 \geq F_L > 0.6$       | ٠,٣٣                    |
| $1.0 \geq F_L > 0.8$       | ٠,٦٦                    |
| $1.0 < F_L$                | ١,٠                     |

ثامناً : التراجع :

يبين هذا الفصل تأثير التراجع الناشئ عن الحركة العرضية نتيجة الزلازل والذي يؤثر على الاستقرار العام للمنشأ وبغير من الإجهادات الواقعة على الأعمدة والأساسات وخاصة الطرفية منها . يكون تأثير التراجع مهماً بصفة خاصة في حالة المنشآت التي يكون نسبة ارتفاعها إلى عرضها كبيرة وكذلك في حالة الأجسام غير المثبتة ومنها ما يلي على سبيل المثال :

- للمنشآت الإطارية العالية ذات المدد القليل من البواكي .
- للمدانخ ذات الارتفاعات الكبيرة وما شابهها .
- الأجسام الجاسئة المرتكزة على سطح الأرض بدون تثبيت كالقطع الأثرية والأجهزة الجاسئة والكيان .

وفي الحالتين أ ، ب يجب حساب التراجع بدقة وذلك عن طريق التحليل الديناميكي للحركة الترجيحية وهذا التحليل يجب أن يأخذ في الاعتبار العوامل التالية :

- الطبيعة غير الخطية للتصرف الترجيحي حيث تتغير نقطة ارتكاز المنشأ على الأرض نتيجة التراجع .
- التحليل الدقيق للاتصال بين الأساسات والتربة الحاملة .
- الارتطام الذي يحدث بين القواعد المرفوعة والتربة الحاملة وما يتسبب عنه من آثار موضعية كالزيادة الكبيرة في الإجهادات وآثار عامة كإحداث الحركة الترجيحية .
- مرونة المنشأ والأساسات .

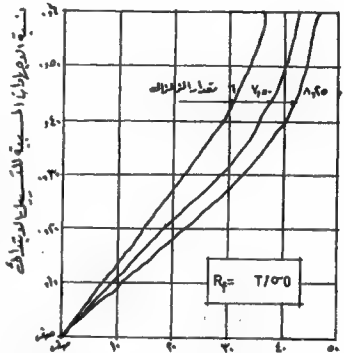
وفي الحالة ( ج ) يمكن استخدام الطريقة التقريبية لحساب تأثير التراجع والمذكورة في الطريقة التقريبية لحساب تأثير التراجع في مراحل التصميم كما يمكن استخدام هذه الطريقة التقريبية لأغراض التصميم المبدئي في الحالة أ ، ب .

الطريقة التقريبية لحساب تأثير التراجع :

١ - بدء التراجع :

لحساب القيمة المخرجة للسجلة الأفقية ( $a_g$ ) والتي تسبب بدء حدوث الحركة الترجيحية فإنه يمكن تمثيل المنشأ كجسم

ب ) تقدر نسبة الإجهادات ( $R_F$ ) اللازمة لإحداث التسييل وذلك بمجموعة مقدار الزلازل وعدد الدقات من تجربة الاختراق القياسي الحلقية ( $N$ ) وذلك باستعمال الشكل التالي ويجب ملاحظة أن قيم عدد الدقات ( $N$ ) يجب أن يصحح طبقاً لما جاء بكود دراسة الموقع .



مقاومة بدء اختراق الصياحي الحلقية المعدلة (عدد الدقات - ٢٠٠)

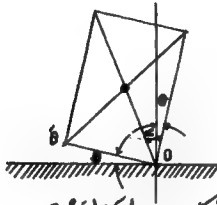
شكل يبين العلاقة بين نسبة الإجهادات النسبية لدخول التسييل ومقاومة الاختراق الصياحي المعدلة الحلقية المعدلة

ج ) بحسب معامل مقاومة التسييل ( $F_L$ ) لكل طبقة كما

يلي :

$$F_L = \frac{R_F}{R_1} \quad (\text{معادلة رقم ١٦})$$

ويمكن الحكم على طبقات التربة التي لها معامل مقاومة تسييل أقل من ١,٠ بأنها قابلة للتسييل أثناء الزلازل وعند تطبيق طريقة التصميم الخاصة بمقاومة الزلازل فإن ثوابت التربة لهذه الطبقات يجب أن تضرب في معامل تقليل ( $D_E$ ) كما هو موضح بالجدول التالي .



شكل مبين حركة الترجيح

$R$  = طول الخط الواصل بين مركز ثقل الجسم ونقطة الارتكاز .

$S_v$  = سرعة التجاوب الطيفية المستتجة من منحني التجاوب الطيفي المناسب للموقع .

وبصفة عامة فإن احتمالات انقلاب الجسم نتيجة الترجيح تزداد بزيادة شدة الزلزال وزيادة نسبة النعافة ونقص حجم الجسم .

#### توصيات عامة :

( أ ) يصاحب حدوث الحركة الترجحية للمباني رفع بعض القواعد الطرفية مما يؤدي إلى زيادة الحمل على الأساسات في الطرف المقابل . وبصفة عامة فإنه يصعب تحديد الأساسات الطرفية المتأثرة بزيادة الحمل وقيمة هذه الزيادة . وللتغلب على هذه الصعوبات يمكن عمل تحليل ديناميكي متقدم أو إجراء دراسة معملية على نموذج مائل .

( ب ) قد يؤدي تكرار وارتطام القواعد مع التربة تحت الأساسات إلى حدوث انهيار في التربة إذا كانت حساسة للأحمال المتكررة أو التسييل ولهذا يوصى بدمك التربة الحاملة دمكاً جيداً وخفض منسوب المياه الأرضية أو يمنع حدوث رفع القواعد بزيادة عمق التأسيس بالقدر الكافي أو باستخدام الأساسات الحازوقة .

#### تاسعاً : الحواظ الساندة :

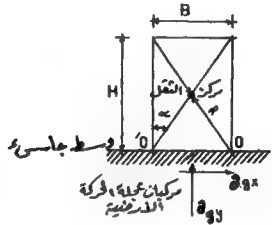
##### الضغط الجانبي للتربة .

يتم حساب الضغط الجانبي للتربة على الحواظ الساند أثناء الاهتزازات الأرضية لحالي الضغط الفعال والمقاوم على الترتيب كما هو موضح فيما يلي :

##### (١) الضغط الفعال للتربة :

يوضح الشكل التالي الحالة العامة التي يقابلها المصمم للحواظ الساندة تحت تأثير الضغط الفعال .

جاميء عرضه ( B ) وارتفاعه ( H ) مركّز على وسط جاميء كما هو مبين في الشكل التالي عند تعرض المنشأ للمجالتين الأفقية الرأسية (  $a_{gx}$  ) والناتجة عن الزلازل في المنطقة التي يقع بها المنشأ فإنه يمكن حدوث الترجيح في حالة ما إذا كان :



معادلة رقم (١٧)  $a_{gx} > a_c$

معادلة رقم (١٨)  $a_c = \frac{B}{H} (1 - \frac{a_{gy}}{g})$

حيث :

$g$  = عجلة الجاذبية الأرضية .

وتؤخذ قيم (  $a_{gx}$  ،  $a_{gy}$  ) كأقصى قيمة لمعجلة الزلازل الأفقية والرأسية في المنطقة التي يقع بها المنشأ .

#### (٢) معيار الانقلاب :

إذا وجد أن المركبة الأتقية لمعجلة الزلازل المعرض لها الجسم أكبر من المعجلة المخرجة للترجح المعطاه في المعادلة رقم (١٨) فإنه يجب دراسة الاستقرار العام للجسم للترجح والتأكد من عدم انقلابه .

ويكون الجسم المترجح معرضاً للانقلاب بنسبة احتمالية قدرها ٥٠٪ على الأقل في حالة ما إذا كان :

معادلة رقم (١٩)  $\alpha \leq 0.87 S_v / \sqrt{g \cdot R}$

حيث :

$\alpha$  = الزلوية بالتقدير الدائري بين الحافة الجانبية للجسم والخط الواصل بين مركز الثقل ونقطة الارتكاز كما هو موضح في الشكل التالي :



تحسب قيمة الحمل الكلى الناتج عن الضغط الجانبي المقاوم للتربة على الحائط من المعادلة الآتية :

$$P_{ps} = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_{ps} \quad \text{(معادلة رقم ٢٢)}$$

حيث :

$P_{ps}$  = الحمل الكلى الناتج عن الضغط المقاوم للتربة لكل متر طول من الحائط .  
 $K_{ps}$  = معامل الضغط الجانبي المقاوم للتربة تحت التأثير السيزمى ويحسب من المعادلة التالية :

$$K_{ps} = \frac{(1 + C_v) \cos^2 (\phi - \lambda + \alpha)}{\cos \lambda \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos (\delta - \lambda - \alpha)} \left\{ 1 - \left[ \frac{\frac{1}{\sin (\phi + \delta) \sin (\phi + i - \lambda)}}{\cos (\alpha - i) \cos (\delta + \alpha + \lambda)} \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^2 \quad \text{(معادلة رقم ٢٤)}$$

الضغط المقاوم على الحائط السائد نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض بكثافة  $q$  لوحدة المساحات من السطح المائل للتربة كما يلي :

$$(P_{ps})_q = \left[ \frac{q h \cos \alpha}{\cos (\alpha - i)} \right] K_{ps} \quad \text{(معادلة رقم ٢٦)}$$

ويمكن حساب قيمة الجزء الخاص بالتأثير السيزمى بطرح الحمل الكلى المحسوب من المعادلة السابقة من الجزء الإستاتيكي . ويؤخذ موضع تأثير الجزء الخاص بالتأثيرات السيزمية على ارتفاع  $2h/3$  من قاعدة الحائط بينما يؤخذ موضع تأثير الجزء الإستاتيكي في منتصف الارتفاع ( $h$ ) .

عاشراً : تأثير التشبع على الضغط الجانبي للتربة :

( أ ) في حالة تشبع التربة خلف الحائط بالماء تستخدم وزن وحدة الحجمم للتربة المشبعة في المعادلات المذكورة .

( ب ) إذا كانت التربة خلف الحائط مغمورة تماماً تحت الماء فيمكن حساب الزيادة في الضغط الفعال ( أو النقص في الضغط المقاوم ) نتيجة للتأثيرات السيزمية باستخدام المعادلات المذكورة في البندين ( ١ ، ٢ من تاسعاً ) مع إدخال التعديلات الآتية :  
 ( ١ ) تؤخذ قيمة  $\delta$  بنصف القيمة التي تؤخذ في حالة التربة الجافة .

( ٢ ) تحسب قيمة  $\lambda$  من المعادلة التالية :

$$\lambda = \tan^{-1} \left( \frac{\gamma_s \cdot c_h}{\gamma_s - \gamma_w \cdot 1 \pm C_v} \right)$$

حيث :

$\gamma_s$  = وزن وحدة الحجمم للتربة .

$\gamma_w$  = وزن وحدة الحجمم للماء .

$c_h$  ،  $C_v$  = كما تم تعريفها في البند ١ من تاسعاً .

ويلاحظ أن قيمة  $P_{ps}$  المحسوبة باستخدام المعادلات السابقة تعتمد على إشارة المعامل  $C_v$  والقيمة الأصغر منهما هي التي تؤخذ في الاعتبار عند التصميم .

ويمكن حساب قيمة الحمل الناتج عن ضغط التربة الجانبي المقاوم في الحالة الإستاتيكية ( بدون التأثيرات السيزمية ) وذلك بوضع  $\lambda = C_v = c_h = 0$  في المعادلة رقم ٢٤ ثم تطرح من هذا الحمل قيمة الحمل الكلى المقاوم المحسوب من المعادلة رقم ٢٢ وناتج الطرح يكون هو مقدار النقص الديناميكي ( أو النقص الناتج عن التأثيرات السيزمية ) .

يؤخذ موضع تأثير الحمل الإستاتيكي للمقاوم على ارتفاع  $h/3$  من قاعدة الحائط . أما النقص الديناميكي فيؤخذ موضع تأثيره على ارتفاع  $2h/3$  من قاعدة الحائط .

٣ - الضغط الفعال نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض :

يمكن حساب المقدار الكلى ( الإستاتيكي والسيزمى ) للضغط الفعال على الحائط السائد نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض بكثافة ( $q$ ) لوحدة المساحات من السطح المائل للتربة كما يلي :

$$(P_{ps})_q = \left[ \frac{q h \cos \alpha}{\cos (\alpha - i)} \right] K_{ps} \quad \text{(معادلة رقم ٢٥)}$$

ويمكن حساب قيمة الجزء الخاص بالتأثير السيزمى فقط بطرح الجزء الإستاتيكي من الحمل الكلى المحسوب من المعادلة السابقة . ويؤخذ موضع تأثير الجزء الخاص بالتأثيرات السيزمية على ارتفاع  $2h/3$  من قاعدة الحائط بينما يؤخذ موضع تأثير الجزء الإستاتيكي في منتصف الارتفاع ( $h$ ) .

٤ - الضغط المقاوم نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض :

يمكن حساب المقدار الكلى ( الإستاتيكي والسيزمى )



(٣) مقدار اللامركزية بين محصلة القوى المؤثرة على الحائط (بما فيها تأثير الزلازل ومركز قاعدة الحائط) لا تزيد قيمته عن

$$\frac{1}{8} \text{ عرض قاعدة الحائط.}$$

(٤) لا يزيد ضغط الارتكاز على التربة أسفل الحائط عن الحدود المسموحة.

الحادى عشر: ثبات السدود الترابية والجسور:

١ - عام:

يمكن أن تتسبب الزلازل في حركات وانحرافات خطيرة للميول الطبيعية أو الجسور أو السدود الترابية، وقد يتجنى الانهيار من زلزال في إجهادات القص أو تنافس في مقاومة القص نتيجة الأحمال الناتجة عن الزلازل. فالعديد من أنواع التربة يحدث له نقص كبير في المقاومة نتيجة للتحميل المتكرر. وعلى سبيل المثال فالرمل ذو الكثافة القليلة أو المتوسطة والمغمور بالماء يتحرك عرضة للتسلي. وهى حالة يمكن أن تفقد فيها التربة مقاومتها بالكامل. كذلك فإن التربة الطينية شديدة الحساسية يمكن أن يحدث لها نقص كبير في مقاومة القص نتيجة للتحميل الديناميكي. ومن الناحية الأخرى فإن الجسور التى تنشأ من تربة طينية أو تربة غير متاسكة ولكن نجيدة الدمك يمكن أن تقاوم الزلازل القوية بكفاءة.

٢ - انهيار السدود الترابية:

يمكن أن ينهار السد الترابي نتيجة للزلازل بوحدة أو أكثر من الطرق الآتية:

(١) انتشار في جسم السد نتيجة حركة فائق رئيسي في الأساسات.

(٢) فقدان الارتفاع الحرف فوق المياه نتيجة لفروق المبوط الناتج عن الحركات الأرضية السفلية.

(٣) فقدان الارتفاع الحرف فوق المياه نتيجة لانحيار الميول بجسم السد أو نتيجة لتضاغط التربة.

(٤) انهيار اللقيض (spillage) أو خراج المياه بالسد.

(٥) انهيار أنبوي نتيجة لسريان المياه داخل الشقوق الناتجة عن الحركة الأرضية.

(٦) لارتفاع المياه وغمرها لقمة السد نتيجة لسقوط كتل ترابية أو صخرية في الخزان.

(٧) ارتفاع المياه وغمرها لقمة السد نتيجة لارتفاع سطح المياه بتأثير الهزة الأرضية.

(٨) انهيار في جسم الميول نتيجة للحركة الأرضية.

(٩) انزلاق السد على طبقة ضعيفة في تربة الأساس.

والأنواع السبعة الأولى من الانهيارات المذكورة يمكن اعتقاد

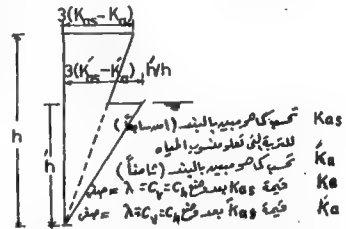
(٣) تستخدم وحدة الهجوم للتربة المغمورة في المعادلتين ٢٠ ، ٢٣ .

(٤) الفرق بين القيم المحسوبة كما هو مبين أعلاه والقيم المحسوبة للحالة الإستاتيكية (يوضع  $c_v = c_h = \lambda = \text{صفر}$  وباستخدام وزن وحدة الهجوم المغمورة) هو الزيادة أو النقص نتيجة للتأثيرات السيزمية .

جـ - لا يؤخذ الضغط الهيدروديناميكي المتولد في المياه داخل التربة بشكل منفصل حيث إن هذا العامل قد تم أخذه في الاعتبار بشكل غير مباشر .

٧ - حالة الانهيار الجزئي للتربة خلف الحائط .

تتوقف الزيادة الديناميكية في حالة الانهيار الجزئي على ارتفاع المياه خلف الحائط . ويمكن حساب توزيع الضغط الناتج عن الزيادة الديناميكية في الضغط الفعال كحاصل ضرب قيمة الضغط الرأسى الفعال عند العمق المطلوب في المعامل المناظر إليه كما هو موضح بالشكل التالى ويمكن استخدام معادلة لحساب توزيع النقص الديناميكي في حالة الضغط المقاوم .



(٣) التأثير الهيدروديناميكي لمياه موجودة أمام الحائط السائد : في الحوائط المستخدمة كمنشآت مائية ( مثل أرفصة الموانئ وما شابهها ) يمكن أخذ التأثير الهيدروديناميكي للمياه أمام الحائط في الاعتبار .

(٤) الهيات الكلى للحائط :

عند مراجعة ائزان الحائط بالنسبة للارتداد والانتقال وضغط الارتكاز على التربة أسفلها تحت تأثير الزلازل يجب أخذ الملاحظات الآتية في الاعتبار :

(١) بحسب تأثير وزن الحائط نتيجة للمركبات الرأسية أو الأفقية للزلازل على أساس أنها حاصل ضرب هذا الوزن في المعامل السيزمي الرأسى الأقصى  $c_v$  ،  $c_h$  على الترتيب .  
(٢) لا يقل معامل الأمان من الانزلاق عن ١,٢ .

والذي تعامل فيه كتلة التربة المحاطة بسطح الانزلاق كجسم جامداً معرض لقدرة أفقية إضافية تؤثر في مركز كتلته . وتحسب قيمة هذه القوة الأفقية كحاصل ضرب كتلة الجسم المنزلق في المعامل الزلزالي . ثم يستكمل التحليل بشكل عادي باستخدام طرق الاتزان الحدي . وبين الجدول التالي قيم المعامل الزلزالي الذي يمكن استخدامه في تحليل الميول للحصول على معامل أمان يساوي ١,١٥ والتي تعتبر قيمة مقبولة في هذه الحالة .

جدول بين قيم المعامل الزلزالي المستخدمة في تحليل الميول

| قيمة المعامل الزلزالي | مقدار الزلزال |
|-----------------------|---------------|
| ٠,٠٥                  | أقل من ٥,٥    |
| ٠,١٠                  | ٥,٥ إلى ٦,٥   |
| ٠,١٥                  | ٦,٥ إلى ٨,٢٥  |

وفي حالة الرغبة في الحصول على قيمة تقديرية للهبوط المتوقع بقيمة الجسر (٢٨) نتيجة هزة أرضية ذات قيم قصوى محددة للمجلة الأرضية والسرعة يمكن استخدام المعادلة الآتية :

$$U = \frac{v^2}{2gk_f} \cdot \frac{A}{K_f} \quad \text{(معادلة رقم ٢٨)}$$

حيث :

$g$  = عجلة الجاذبية الأرضية .

$A$  = النسبة بين العجلة الأرضية الأفقية القصوى وعجلة الجاذبية الأرضية (  $g$  ) .

$V$  = القيمة القصوى للسرعة الأرضية الأفقية .

$K_f$  = المعامل الزلزالي اللازم لإحداث انهيار ، وتحسب قيمته من المعادلة التالية :

$$K_f = (FS_0 - 1) \sin \theta \quad \text{(معادلة رقم ٢٩)}$$

حيث :

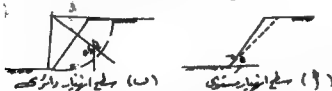
$FS_0$  = معامل الأمان الإجمالي .

$\theta$  = زلوية سطح الميل مع الأفقى في حالة سطح الانهيار

المستوى أو الزلوية بين الرأس والمقطع الواسل بين

مركز الدوران ومركز ثقل الكتلة المنزلة وذلك في

حالة سطح انهيار دائري كما هو مبين بالشكل التالي :



شكل بين طريقة تحديد الزاوية  $\theta$  لحساب

هبوط الميل نتيجة الهزة الأرضية

احتياطات كافية لمنعها بإجراءات وقائية تعتمد أساساً على الخبرة وحسن التقدير والدراسة المتأنية وليس بالضرورة على إحدى الطرق التحليلية كما هو مطلوب في حالة دراسة انهيار جسم الميل أو انزلاق السد على طبقة ضعيفة في أساساته . والأمثلة الآتية توضح بعض هذه الإجراءات الوقائية :

(١) اختيار موقع السد في منطقة غير معروفة بالنشاط الزلزالي .

(٢) زيادة ارتفاع قمة السد فوق سطح المياه لاستيعاب الهبوط أو الانهيار أو حركة القواقي

(٣) استخدام قلب (كور) عريض يتكون من تربة لدنة لها قابلية كبيرة للتشقق .

(٤) استخدام تربة ليس لها قابلية كبيرة للتشقق في المناطق الانتقالية بين تربة القلب (الكور) والقشرة الخارجية للسد .

(٥) وضع التفصيلات المناسبة لقمة السد لمنع غمرها في حالة اجتياح الماء لها .

(٦) إجراء فحص دقيق لثبات الميول الملاصقة للخزان .

(٧) إحكام الوصلات بين كور الجسر والأكتاف .

وبلاحظ أن أهمية الاحتياطات الوقائية السابقة تزداد في حالة جسور السدود الترابية (أكثر من جسور الطرق) أما طرق تحليل ثبات الميول أو الانزلاق فهي مهمة لجميع أنواع الجسور . وسيم توضيح خطوات هذه الطرق في البند ٣ التالي .

### ٣ - طرق التحليل :

أ - يحدد اختيار طريقة التحليل لسلوك السد أثناء الزلازل أساساً على نوع التربة المستخدمة في إنشاء السد وكذلك على تربة الأساس . وحيث إن مقاومة التربة للقوى تعتمد بالدرجة الأولى على الإجهادات الفعالة داخل الكتلة الترابية والتي تعتمد بدورها على مقدار ضغط المياه البينية المتولدة أثناء الهزات الزلزالية فإنه يمكن تقسيم التربة إلى نوعين رئيسين كما يلي :

١- تربة لا يزيد مقدار النقص في مقاومتها للقوى نتيجة هزات الزلازل عن ١٥٪ (وهي عادة التربة المتاسكة ومثل الطين قليل الحساسية ، الطين الطيني الرملى أو التربة غير المتاسكة ذات الكثافة العالية جداً) .

٢- تربة يزيد مقدار النقص في مقاومتها للقوى أثناء الهزات الأرضية عن ١٥٪ (وهي عادة التربة غير المتاسكة واللغمورة بالماء وكذلك التربة الطينية شديدة الحساسية) .

ب - طريقة التحليل لتربة من النوع (١) :

يمكن في هذه الحالة إجراء تحليل الثبات ضد انهيار الميل أو انزلاق السد على الأساسات باستخدام طريقة التحليل شبه الإجمالي . وتعتمد هذه الطريقة على مفهوم الاتزان الحدي

## جـ - طريقة التحليل لقرية من النوع (٧) :

التفاصيل الإنشائية المنصوص عليها في هذا الباب تسرى على جميع المنشآت بصرف النظر عن طرق التصميم المتبعة .  
يجب أن تكون التفاصيل الإنشائية واضحة وكاملة كما يجب أن تكون متمشية مع المبادئ والأقرضات الأساسية للحسابات وبطريقة تسمح بتبسيط أسلوب التنفيذ فيما يخص غلاف العزم وتشكيل فولاذ التسليح ووصلاته وصب الخرسانة على أن يمتشى كل ذلك مع تتابع مراحل التنفيذ .

## ٧) ترتيبات عامة تتعلق بالتسليح :

١) استعمال أنواع مختلفة من الفولاذ : يفضل عدم استعمال أنواع مختلفة من الفولاذ في نفس العنصر الخرساني وذلك لتجنب الخلط بينها . ولكن يسمح أن يكون التسليح الرئيسي مختلفاً عن تسليح الكانات وقضبان التعلين من حيث نوعية الفولاذ المستخدم ، على أن يراعى في الحسابات أن يدخل كل نوع من الفولاذ بمواصفاته ومقاومته .

٢) الانحناء المسموح به في أسياخ التسليح : يجب ألا تقل أنصاف أقطار الانحناء ( مقاسة من الرسم الداخلي للشيخ ) عن القيم المذكورة في الجدول التالي وذلك فيجب ألا يقل دليل التني عن ضعف هذه القيم .

جدول بين أقل نصف قطر للانحناء لأسياخ التسليح (أو لدليل التني) حيث  $F_y$  = إجهاد الخضوع للتسليح الطولي

| صلب قاسم<br>$F_y > 5000 \text{ kg / cm}^2$ |                           | صلب نصف قاسم<br>$3000 \text{ kg / cm}^2 < F_y < 5000 \text{ kg / cm}^2$ |                           | صلب طري<br>$F_y < 3000 \text{ kg / cm}^2$ |                           | أصغر نصف قطر للمنحني<br>أو دليل التني     |
|--|---------------------------|---|---------------------------|---|---------------------------|---|
| $\phi < 12 \text{ مم}$                     | $\phi \geq 12 \text{ مم}$ | $\phi < 12 \text{ مم}$  | $\phi \geq 12 \text{ مم}$ | $\phi < 12 \text{ مم}$                    | $\phi \geq 12 \text{ مم}$ | كانات<br>تثبيتات<br>طيات ( ثنائيا ) جنشات |
| $\phi 10,0$                                | $\phi 10,0$               | $\phi 8$  | $\phi 10,0$               | $\phi 8$                                  | $\phi 10,0$               |   |

## ٣) نهايات أسياخ التسليح : تنسى أسياخ التسليح بأحد

الأشكال التالية :

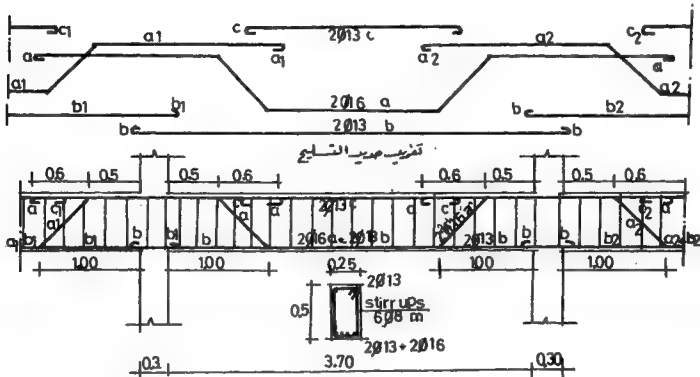


يتمدد ويصلح للخرسانة الثقيلة  
والنهاية المقصودة بعد فوس  
الخرسانة ٣ سم  
يتمدد ويصلح للخرسانة  
المتوسطة ١٠ سم

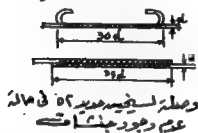
— جنش ( عكفة ) في طرف الشيخ على هيئة نصف دائرة  
( ذات نصف قطر طبقاً للجدول السابق مضافاً إليها جزء  
مستقيم بطول أربع مرات قطر الشيخ بحيث لا يقل عن ٧ سم .  
— في طرف الشيخ بزاوية قائمة بحيث يبلغ طول الجزء  
المستقيم الطولي ١٢ مرة قطر الشيخ على الأقل والرسم التالي  
يعين جنش للخرسانات الثقيلة والخفيفة بمواصفات أخرى .

— بالنسبة للكانات يتم ثني أطرافها بزاوية ٩٠ أو ١٣٥° تفصيل لكمر مستمرة وطريقة توقف الأسياخ وذلك للاسترشاد بمد أدنى ٧ سم .

(٤) توقف الأسياخ : يراعى أن يكون توقف الأسياخ - خصوصاً الجنبشة ( المكموفة ) منها - بحيث لا تؤدي إلى احتمال شروخ انهيار دقيقة ، كما يجب ألا يؤدي ترتيبها إلى احتمال تحرك



تفاصيل لكمر مستمرة وصلة لسيخ حديد ٥٢  
في حالة وجود جنبشة



(٥) وصل الأسياخ : يتم وصل أسياخ الفولاذ بإحدى

الطرق التالية :

( أ ) وصلات بالركوب : يتم تنفيذها بالنسبة للأسياخ التي لا يزيد قطرها عن ٣٢ مم ويحدد طول ركوب الأسياخ طبقاً للبند (٦) ويجب ألا يزيد عدد الأسياخ الموصولة - في المكان الواحد - عن نصف عدد الأسياخ بالمقطع إذا كان معرضاً لانحناء مع / أو بغير ضغط ويجب أن يزيد عن ثلث عدد الأسياخ بالمقطع في الأعضاء المعرضة للشد مع / أو بغير انحناء والرسم التالي يبين وصل لسيخين حديد في حالة وجود جنبش وعدم وجوده وذلك للاسترشاد .

( ب ) وصلات بجلب ( عقد ) مقلوطة : وذلك باستخدام جلب مقلوطة بالطول الكافي . وفي هذه الحالة تختار مساحة قلب السيخ ( المقطع الأدنى ) فقط هي الفعالة .  
( ج ) وصلات باللحام : يسمح بحمل وصلات باللحام للفولاذ الذي حد مرونته الاصطلاحي أقل من ١٥٠٠٠ kg / cm<sup>2</sup> كما يجب ألا يتسبب اللحام في تقليل الخواص الميكانيكية للفولاذ . ولذلك فلا يسمح بلحام أسياخ الفولاذ المعالج على البارد إلا إذا أخذ بالاعتبار انخفاض مقاومتها ، واللحام يجب أن يكون حسب المواصفات الإقليمية المعمول

حيث  $\phi$  و  $L_b$  بالمستقيم و  $f_y$  ،  $f_c$  بالكجم / سم<sup>٢</sup> .  
(ب) الأسياخ الملساء :

$$\min L_b = 0.25 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \phi^2 \geq 0.015 \phi f_y$$

أو ٣٠ سم أيهما أكبر .

على ألا يزيد قطر السيخ المستعمل عن ٣٥ مم كما وأنه يشترط أن ينتهي طرف السيخ الحر بمجنش .

يعدل الطول الأساسي المذكور في الفقرتين أ ، ب بضربة بواحد أو أكثر من المعاملات المذكورة في الجدول التالي والذي تعتمد على نوعية سيخ التسليح ومكان استعماله .

بها . والأسياخ الملحومة يجب أن تظل عابورها على استقامة واحدة عند موضع اللحام ويجب أن تختبر عينات من الأسياخ الملحومة لإثبات صلاحيتها .

عدد الأسياخ المسموح بوصلها في مكان واحد من المقطع تكون طبقاً لما جاء بالبند أ من (٥)

(٦) طول التثبيت الأساسي في حالة الشد :

أ ( الأسياخ عالية التماسك :  $L_b$  )

$$\min L_b = 0.05 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \phi^2 \geq 0.0075 \phi f_y$$

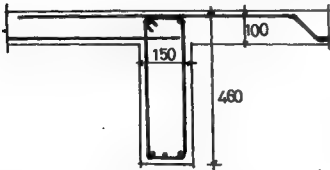
أو ٣٠ سم أيهما أكبر .

على ألا يزيد قطر السيخ المستعمل عن ٣٥ مم .

### جدول معاملات تعديل طول التثبيت الأساسي

| المعامل                   | نوعية سيخ التسليح ومكان الاستعمال                    |
|---------------------------|--|
| ١,٤٠                      | سيخ علوى ( يقل سمك الخرسانة من فوقه عن ٣٠ سم )       |
| ١,٠٠                      | سيخ سفلى ( يزيد سمك الخرسانة من فوقه عن ٣٠ سم )      |
| ١,٠٠                      | سيخ مائل أو شاقولي                                   |
| ١,٢٠                      | كل سيخ من رزمة مؤلفة من ثلاثة أسياخ                  |
| مساحة مقطع التسليح اللازم | أسياخ تزيد مساحة مقطعها عن متطلبات العزم الحافى ١,١٠ |
| مساحة مقطع التسليح الفعلى |  |

يبين التسليح لكمرية والبلاطة تقع في منطقة الضغط وجزء من البلاطة يعمل مع الكمرية .



كمرية سائبة على شكل حرف T حيث لا جزء منه مربوط السقف رياضاً ، وفي القطر المستطيل وهي ١٢ مرة سمك البعوضة إذا كانت البعوضة تعمل معه في منطقة الضغط

سيخ علوى ( هو ما صب تحته أكثر من ٣٠ سم خرسانة

ولم ترد سماكتها فوقه عن ٣٠ سم ) = ١,٤٠

أى سيخ خلاف ذلك . = ١,٠٠

(٧) طول التثبيت في حالة الضغط :  $L_b$

أ ( الأسياخ عالية التماسك :

$$\min L_b = 0.08 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \phi \geq 0.005 f_y \phi$$

(ب) الأسياخ الملساء :

$$\min L_b = \frac{2}{3} L_b$$

حيث إن  $L_b$  تؤخذ من بند ٦ فقرة (ب) .

(٨) توقف أطراف الأسياخ :

أ ( أسياخ التسليح التي ليس لها حاجة لمقاومة العزم الحافى في مقطع ما يجب أن تستمر مسافة إضافية - قبل انحنائها أو قطعها - تساوى إما d أو ١٢  $\phi$  أيهما أكبر . والشكل التالي

(ب) يجب أن يستمر ربع التسليح السفلى - على الأقل - في الكمرات المستمرة والثالث في الكمرات البسيطة ، إلى مسافة ١٥ سم داخل الركيزة مع الأخذ بعين الاعتبار طول التثبيت

ل  $L_d$  إذا كان إجهاد الشد في السليخ الموصول، أقل من  $0.5 f_y$  وإلا تكون مساوية لـ  $1.5 L_d$  إذا ما زاد إجهاد الشد عن  $0.5 f_y$  في مجال وصل السليخ المذكور . هذا ويشترط ألا يزيد عدد الأسياخ الموضوعة في مجال الوصل هذا عن نصف أسياخ التسليح كما أنه يستحسن ألا يتم وصل أى أسياخ في منطقة شد قصوى إذا أمكن ذلك .

#### ٩) الفواصل بين أسياخ التسليح :

يراعى أن تكون المسافات بين أسياخ التسليح - بداخل المقطع - كافية للتسليح ، تسمح بتنفيذ غر معيب لأعمال الخرسانة وتسمح بدمك الخرسانة وتجنب الانفصال الجسبي لها . والمسافات المتروكة بين الأسياخ يجب ألا تقل عن :

( أ ) الأسياخ الرأسية :

- ستمتر واحد . — أكبر قطر للأسياخ .
- ٠,٥٠ أو ٠,٦٠ للمقاس الاعتياري الأكبر للركام المدور
- أو للمكسر على التوالي .
- ( ب ) الأسياخ الأفقية :

- ٢ سم . — أكبر قطر للأسياخ .
- ١,٣٠ أو ١,٥٠ للمقاس الاعتياري الأكبر للركام المدور
- أو للمكسر على التوالي .

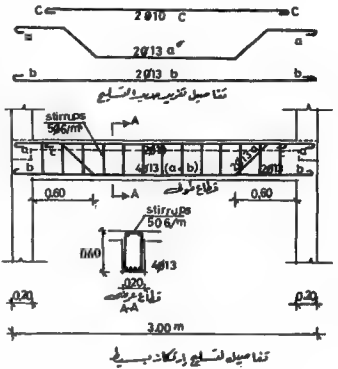
#### ١٠) مجموعات الأسياخ المتلاصقة :

- في الصف الرأسى الواحد يسمح بوضع سبيخين متلاصقين .
- في المرقف الأفقى الواحد يسمح بوضع سبيخين متلاصقين ، بشرط وجود مكان كاف حول الأسياخ ويفضل أحياناً لإدخال هزاز للدمك وضمان ملء الفراغات حول الأسياخ . ويفضل أحياناً لتسهيل صب الخرسانة في جميع ثلاثة أسياخ مع بعضها حيث يسمح بتغليف أفضل للأسياخ بالخرسانة .

#### ١١) الفواصل بين أسياخ تقاطع الكمرات :

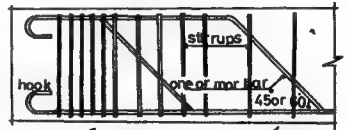
لتسهيل صب الخرسانة في المناطق التى بها تكثيف شديد في التسليح ( في مناطق العزوم السالبة في بعض الكمرات على سبيل المثال ) يمكن طلب استخدام خرسانة ذات ركام أصغر يتناسب مع المسافة بين الأسياخ ، والرسم التالى يبين طريقة توزيع الأسياخ في أربعة نماذج من الكمرات ، وطريقة التسليح للشد والضغط .

اللازم والشكل التالى يبين تفاصيل لتسليح ارتكاز بسيط .



( ج ) يجب أن يستمر  $3/1$  التسليح السالب - على الأقل - إلى مسافة بعد نقطة عزم الصفر تعادل :  $12 \phi$  أو  $16/1$  من المسافة بين الركيزتين التاليتين - أيما أكبر .

( د ) يجب ألا يوقف جزء من أسياخ التسليح الطولى في مقطع ما في منطقة الشد - عند تبين الحاجة إليها بموجب الرسوم البيانية لعزم الانحناء - إلا إذا كان جهد القص في المقطع لا يتجاوز  $3/2$  جهد القص الأقصى الذى يمكن أن يقاومه هذا المقطع والرسم التالى يبين تسليح لكمره ضد جهد القص .



#### نمذجة لكمره ساحة ضد جرس المقعر

( هـ ) تعتبر قضبان التسليح الطولى المتقطعة موصولة ببعضها بعضاً بواسطة تماسكها مع الخرسانة إذا تأمنت فيما بينها أطوال تثبيت كافية لهذا الغرض . وأطوال التثبيت هذه تكون مساوية



— تؤخذ أطوال وصلات الأسياخ في الأعمدة طبقاً للبند ٧ بحيث لا تقل عن ٤٠ سم ويمكن استخدام اللحام في الأعمدة المعرضة إلى ضغط بكامل قطاعها .

— أقصى خطوة للكانات الحلزونية هي ٨ سم أو ١/٥ قطر قلب المقطع أيما أقل . وأصغر خطوة هي ٣ سم ويجب الاحتفاظ بالخطوة ثاجة وصلات الحلزون تتم عن طريق تطابق ١,٥لفة على الأقل .

## ٢) البلاطات والمنشآت المستوية :

تخصص هذه الترتيبات بالبلاطات والمنشآت المستوية المحملة عمودياً على مستواها المتوسط وذات سمك لا يزيد عن ٣٠ سم .

— لا يتعدى قطر أسياخ التسليح عن عشر  $\frac{1}{10}$  سمك البلاطة أو المنشأة .

— لا تزيد المسافة بين أسياخ التسليح الرئيسي عن ضعف سمك البلاطة بحيث لا تتعدى ٢٠ سم وذلك بالنسبة للفولاذ الطرى العادى ، أما بالنسبة للفولاذ على الشد فلا تزيد المسافة عن مرة ونصف سمك البلاطة بحيث لا تتعدى ١٧,٥٠ سم . — نسبة مساحة مقطع الأسياخ في الاتجاه الثانوى إلى مساحتها في الاتجاه الرئيسى ( في وحدة الطول من البلاطة ) يجب ألا تقل عن  $\frac{1}{4}$  .

— يجب مراعاة تزويد أطراف وزوايا البلاطات بالتسليح اللازم لها والرسم التالى بين التسليح لبلاطة مع كمر خرسانية.

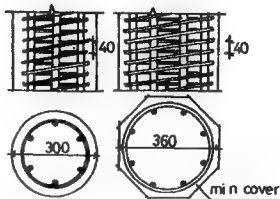


تسليح كمر صلب ٤ لنهاية بدنة والبدنة تقع في نقطة منتصف

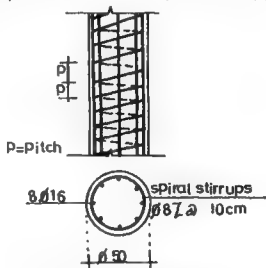
— يجب مراعاة تزويد البلاطات المسلحة - المرتكزة على أعمدة بغير رؤوس البلاطات - بالتسليح اللازم حول الأعمدة لمقاومة قص وتعب البلاطات وذلك إذا أثبتت حسابات الإجهادات ضرورتها .

## ج - إعداد الرسومات

١) الرسومات والترخيص : قبل الحصول على ترخيص لإقامة أى منشأ يلزم أن تقدم رسومات كاملة واضحة لأعمال الخرسانة المسلحة تعد وفقاً لحسابات إستاتيكية بعرفة مهندسين مؤهلين جامعياً يتولون أعمال التصميم والحسابات والمراجعة



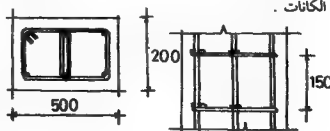
رُطَاع لعمود دائري و رُطَاع لعمود مستطيل  
مع كانات حلزونية



تفاصيل كاملة ل رُطَاع عمود دائري  
قطره ٥٠ سم و كانات حلزونية

— لا يقل قطر التسليح العرضى ( الكانات ) عن ٦ م أو ثلث أكبر قطر للأسياخ الطولية - أيما أكبر . — لا تزيد المسافة بين التسليح العرضى عن ١٥ سم بين الكانات .

— في الأعمدة المربعة والمستطيلة يراعى أن ترتب الكانات بحيث تشكل حزاماً مستمراً حول جميع الأسياخ الطولية وبحيث ألا تزيد بين سيخين مربوطين بالكانات في اتجاهين عموديين عن ٣٠ سم ولا يوضع في هذه المسافة أكثر من سيخ واحد والرسم التالى بين تسليح عمود قطره ٥٠ × ٢٠ سم وطريقة ترتيب الكانات .



تسليح عمود رُطَاع ٥٠ × ٢٠ سم



- ( هـ ) أرضية وجوانب ومسقف البدروم ( إن وجد ) .  
 ( و ) الأسقف المختلفة . ( ز ) السلام .  
 ( حـ ) تفاصيل الأجزاء التي يتطلب الأمر بيانها بمقياس أكبر .  
 ( ط ) تعمل جداول تفاصيل التسليح إذا لزم الأمر .  
 هذا ويوصى بعمل رسومات خاصة للكمرات والبلاطات بحيث تبين الأسياخ المستقيمة والمكسحة وموضع تكسيحها كلما لزم الأمر .

( ٣ ) جدول عنوان الرسم ومشتملاته : يجب أن يجهز جدول العنوان بحيث يظهر على الوجه عنه تطبيق الرسم ويشمل الجدول ما يلي :

- أ ( اسم المشروع ورقمه . ب ) عنوان الرسم .  
 جـ ( رقم الرسم .  
 د ( مقياس الرسم ويحسن أن يكون كما يلي :  
 ١ ) لرسم الموقع ١ : ١٠٠ أو ١ : ٢٠٠ أو ١ : ٥٠٠ .  
 ٢ ) للمساقط الأفقية ( أبعاد خرسانية وتسليح ) ١ : ٥٠ .  
 وفي الأحوال التي يكون فيها مسطح كبير يمكن عمل الرسومات بمقياس ١ : ١٠٠ أو أنه يفضل عملها بمقياس ١ : ٥٠ مع خطوط تطابق تمكن من تجميع الرسومات .  
 ٣ ) لتفاصيل ١ : ٥٠ أو ١ : ٢٥ أو ١ : ٢٠ أو ١ : ١٠ .  
 هـ ) جدول البيانات ويذكر فيه أى مصطلحات خاصة استخدمت في تجهيز الرسم ومعناها .  
 و ) تاريخ عمل الرسم .

ز ) المراجع وتشمل أرقام الرسومات التي استعين بها في تجهيز الرسم الإنشائي سواء كانت من الرسومات المعمارية أو الميكانيكية أو الكهربائية أو المساحية ... إلخ .

- حـ ) التعديلات وتواريخها وملخص لها ، ويجب على المهندس الاحتفاظ بنسخ من الرسومات قبل وبعد التعديل ليتمكن الرجوع إليها عند الحاجة .  
 ط ) اسم المالك وعنوانه .

- ي ) اسم وعنوان المهندس الإنشائي المسؤول وتوقيعه .  
 ك ) اسم وعنوان المهندس المعماري إن وجد .  
 ل ) اسم المقاول أو الجهة المسؤولة عن التنفيذ وتوقيعه .  
 ٤ ) تربيئات خاصة برسومات القوالب ( الشدات ) :

يجب أن تمثل رسومات القوالب للمستويات المختلفة ، قطاعات وواجهات الأسطح الخام ، بدون طبقات الإنهاء ، كما يجب أن تتضمن كل الأبعاد اللازمة للإنشاء السليم والتنفيذ الكامل لكل العناصر . ويجب أن توضح رسومات القوالب الارتفاعات والسماكات الكلية للخرسانة الخام .

والإشراف على التنفيذ . كما يجب عليهم أن يرققوا بها مواصفات خاصة بنوع الخرسانة والأتمنت وصلب التسليح .

( ٢ ) رسومات المشروع الإجمالي : يجب أن تعطى هذه الرسومات فكرة واضحة عن المشروع من حيث الوحدات المختلفة وشكل كل وحدة ونظامها الإنشائي والأبعاد الأساسية للخرسانة وتكون بمقياس رسم مناسب للإيضاحات المطلوبة دون تفاصيل صلب التسليح أو التفاصيل الدقيقة ويفرق بهذه الرسومات مقايسة ( كميات ) ابتدائية عند الطلب .

( ٣ ) الرسومات التنفيذية : تحتوي هذه الرسومات كافة الأبعاد والتفاصيل والمواصفات والبيانات الأخرى اللازمة لتنفيذ المنشأ في يسر دون الرجوع إلى المصمم . ويفرق بهذه الرسومات بيان بالكميات ومواصفات البنود المختلفة اللازمة للتنفيذ والتي تمكن المقاول من وضع أسعاره لها .

### تخصيص الرسومات التنفيذية :

تبين الرسومات التنفيذية المطلوبة ما يلي :

( ١ ) الأبعاد الخرسانية للعناصر الإنشائية بدون البياض وبين عليها المحاور وسمك البلاطات وأبعاد الكمرات ومقاسات الأعمدة وكذلك يبين عليها التناسيب المختلفة كما يبين عليها مقاومة الخرسانة المستعملة . أما نوع الأتمنت ونسبته في المتر المكعب من الخرسانة النقية ونوع ومقاس الركام المستعمل وكذا نسبة الخلط وطريقة وطريقة الدمك فينص عليها في دفتر شروط المشروع .

وفي حالة استعمال الخرسانة الخاصة تذكر مواصفاتها في دفتر الشروط كما يجب أن يحدد على الرسم في المنشآت الخاصة قيمة الغطاء الخرساني المطلوب .

وفي حالة وجود فواصل صلب للمنشآت المعلقة أو فواصل انكماش يلزم بيانها على الرسومات وفي الحالات الخاصة كالخازن والمصانع يجب بيان الأحمال الحية وذكر نوع الحوائط ونوع الأرضيات عند اللزوم ، كما يجب أن تذكر قيمة التحديب المطلوبة للبلاطات والكمرات والكوابيل .

ب ) تفاصيل التسليح ، وتشمل كافة البيانات اللازمة للتنفيذ مثل العدد والقطر والشكل .. إلخ ونوع الصلب المستخدم على أن تبين المكفات والوصلات وكذلك اللحام إن لزم .

( ٢ ) بيان الرسومات التنفيذية المطلوبة : تبين الرسومات المطلوبة للتنفيذ ما يلي :

- أ ( المحور . ب ) الأساسات .  
 جـ ( الأعمدة . د ) المبد ( كمرات الأساس ) .







## ٣) تجهيز القوالب قبل الصب :

— تكون المدة حسب خصائص الأسمنت المستعمل ولا تقل بأي حال عن نصف المدة المذكورة في حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى .

( ج ) يجب الحفر وتأجيل فك القوالب مدة مناسبة في الحالات التى تنخفض فيها درجة الحرارة عن ١٠ مئوية خاصة عند استخدام الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد .

( د ) يمكن إعادة فك قوالب الشدات للأعمدة ذات المقاسات المألوفة في المباني العادية بعد انقضاء يومين من صبها . وفي حالة الأعمدة التى ستعرض للأحمال بعد الفك مباشرة وفي أعمدة المنشآت الخاصة بالإطارات تحسب المدة الواجب انتضاؤها قبل فك الشدة كما بالنسبة للكمرات والكوابيل المعادلة لها طولاً كما يلزم إطالة هذه المدة في حالة الأعمدة الطويلة التحفية نسبياً .

( هـ ) عندما تكون القوالب حاملة لأحمال إضافية — مثل حالة الطابق الذى يحمل وزن الطابق التالى حديث الصب — لا يجوز فك القوالب الإضافية قبل انقضاء ثمانية وعشرين يوماً مع اتخاذ كافة الاحتياطات التى تضمن سلامة المنشأ كاستمرار القوالب حتى ترتكز على أرضية تتحمل الأحمال عليها بأمان .

( و ) في الحالات الخاصة مثل الكمرات المقلوبة والأسقف المعلقة بواسطة أعمدة شدة تبدأ للدة المحسوبة لفك الشدات من تاريخ صب الروح المقلوب للكمرات أو صب السقف الحامل للسقف الملحق .

( ز ) يراعى عند فك القوالب الحرس التام على عدم تعرض الخرسانة المسلحة للهزات أو الصدمات كما يراعى التأكد من تصلدها قبل فك الشدة .

( حـ ) إذا تبين أن ترخيم وحدة من الوحدات المتكررة أكبر من المسموح به يؤجل الاستمرار في فك شدات الوحدات لفترة مناسبة يعاد بعدها قياس الترخيم في وحدة ثانية .

## بلوكات التثبيت :

يصرح بوضع بلوكات داخل الخرسانة بغرض تثبيت بعض التريكات بشرط ألا تضعف أى جزء من المنشأ أو تقلل من سمك الغطاء أو صلب التسليح الفعال للتصلب عن القيم المحددة في هذه الاشتراطات .

٦) التكسير في الخرسانة بعد صبها : لا يجوز إطلاقاً تكسير أو عمل فجوات في الأعمدة أو الكمرات بعد صبها لأى سبب من الأسباب إلا بعد الرجوع للتصميم ويفضل أن تراعى مواضع الفجوات والفتحات المطلوبة عند إعداد الرسومات التفصيلية وقبل التنفيذ .

( أ ) يجب أن تنظف القوالب بعناية قبل صب الخرسانة مباشرة وذلك بإزالة الأتربة والفضلات وتجهيز فضحات لتسهيل ذلك عند اللازم ويمكن أن يكون التنظيف باستخدام لماء أو الهواء المضغوط .

( ب ) الترتيب: ترش الشدة الخشبية قبل الصب بالماء مرات متتالية لمنع امتصاص الأخشاب لماء الخلط ويجب ترك مسافة ضعيفة بين الألواح بحيث تسمح بتمدها بسبب الترتيب دون تقوسها ولا تسمح بمرور المونة الأسمنتية .

( جـ ) الدهان بالزيت : إذا طلب دهان القوالب بالزيت يجب استخدام الزيت غير المحمض الخاص بذلك ويكون الدهان قبل وضع صلب التسليح على أن يزال الزيت الزائد والمتبقى في قاع القوالب .

( د ) إعادة استخدام القوالب : يجوز إعادة استخدام القوالب لصب خرسانة داخلها مرة أخرى بشرط خلوها من العيوب وتنظيفها من الخرسانة التالفة بها .

## ٤) فك القوالب :

( أ ) تؤثر درجة حرارة الهواء وطول البحر والحمل الذى سيعرض له المنشأ ونوع الأسمنت على تحديد المدة الواجب انتضاؤها بين صب الخرسانة وفك القوالب ويجب التأكد من أن مقاومة الخرسانة وقت الفك وصلت إلى ضعف الإجهادات التى سيتعرض لها المنشأ عند الفك وفي حالة المنشآت الخاصة وكذلك في حالة استمرار الجو البارد .

( ب ) يمكن الاسترشاد بالقيم التالية عند فك القوالب للأعمال المعتادة في درجات الحرارة التالية :

## أولاً : في حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى:

— يمكن عادة فك شدات الجوانب والتى تعمل كمجرد غلاف للخرسانة بعد يومين .

— لا يجوز فك الشدات الحاملة للكمرات والبلاطات قبل انقضاء مدة تساوى بالأيام ضعف البحر (الجازر) بالأمتار مضافاً إلى ذلك يومين ومحد أقصى قدره واحد وعشرون يوماً ، وفي البلاطات يعتبر البحر عند حساب زمن الفك الطول الأصغر للبلاطة .

— في حالة الكوابيل (الأطفار) تحير المدة اللازمة انتضاؤها قبل فك القالب بالأيام مساوية لأربع مرات بروز الكابولي بالأمتار مضافاً إلى ذلك يومين .

ثانياً : في حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد :

## التسليم :

يجوز استعمال هذا الأسمنت بعد استبعاد الكتل والشوائب بشرط أن يجاز الاجتهادات المنصوص عليها في المواصفات القياسية لهذا الأسمنت .

( ب ) الركام : يجب أن يحفظ الركام الصغير والكبير كل على حدة وبكيفية تجنبه التلوث ، وفي الأعمال التي تحتاج إلى خرسانة خاصة يجب عمل أرضية صلبة لحفظ الركام حسب مقاساته المختلفة طبقاً لتدرجه الجيبي المطلوب .

## ( ٢ ) قياس المواد :

( أ ) الأسمنت : لا يسمح بمعايرة الأسمنت بالحجم وبفضل أن تكون عوة الخرسانة بحيث تحتوي عدداً صحيحاً من شكاير الأسمنت - وفي حالة استعمال الأسمنت السائب يجب استخدام طريقة دقيقة للمعايرة بالوزن .

( ب ) الركام : يقاس الركام عادة بالحجم في صناديق قياس ذات سعة معينة . ويجب ملء الصناديق بدون دمك وأن تكون أعلى سطح الركام ( داخل الصندوق ) مستوياً مع الأحرف - كما يراعى عمل حساب زيادة الحجم في الركام الصغير نتيجة لوجود الرطوبة به . ويحيط القياس بالوزن أدق النتائج كما يقضى على الاكتساب المتسبب من زيادة الحجم في الركام الصغير .

( جـ ) الماء : يجب أن يضاف الماء للخليط بكميات تقاس قياساً دقيقاً حسب القيم المحددة ، وفي حالة الخرسانة الخاصة يجب أن يؤخذ في الاعتبار كمية الماء المحتل وجودها في الركام .

## ( ٣ ) صنع الخرسانة :

يجب ألا تزيد المدة ما بين إضافة ماء الخلط ووضع الخرسانة في القالب على ٣٠ دقيقة في الجو العادي أو ٢٠ دقيقة في الجو الحار على أن يتم دمكها قبل مضي ٤٠ دقيقة في الجو العادي أو ٣٠ دقيقة في الجو الحار .

( أ ) تخلط الخرسانة ميكانيكياً بالنسب المطلوبة في خلطات ذات سعة تتناسب مع معدل النقل والصب ، ويراعى ألا تقل مدة خلط الخرسانة عن دقيقتين بعد استكمال وضع كافة موادها في الأسطوانة ( الحلة ) بحيث يصبح الخليط متجانساً في لونه وقوامه .

( ب ) يمكن خلط الخرسانة يدوياً على أن يتم الخلط بقليل المواد تقليباً جيداً بالنسب المطلوبة على طبيلة مستوية صماء بواسطة الجاروف ذي الشدائد ، ويلزم خلط الأسمنت والركام الصغير على الناشف إلى أن يصبح اللون متجانساً ثم يضاف الخليط إلى الركام الكبير ويقلب ثلاث دفعات ثم يضاف الماء

( ١ ) التسليف : يجب أن تتلف الأسياخ من القشور الناتجة عن التصنيع والصدأ غير المتأكس والزيت والشحوم أو أي مواد ضارة وذلك قبل صب الخرسانة مباشرة .

( ٢ ) القى : يجب عدم ثنى أو عدل الأسياخ بطريقة تضر بنواصها أو بمقاومتها ويصرح بالثني على الساخن للدرجة لا تتعدى هذه الإجمار وتترك لتبرد تدريجياً في الهواء ولا يسمح بالتبريد الفجائي للأسياخ بالماء .

أما الأسياخ التي تتحدد مقاومتها على المعالجة على البارد فلا يسمح بثنيها على الساخن .

( ٣ ) الرص والتثبيت : يجب تثبيت الأسياخ في مواضعها المحددة طبقاً للرسومات ويجب تضمن استيفاء القطع المحدد للتسليم كما يجب حفظها في هذه المواضع بالرباط بالسلك أو اللحام أو استخدام الركايات وقطع حفظ الأبعاد وعند استخدام هذه القطع من اللونة الأسمنتية تكون مكوناتها بنسبة ١ أسمنت إلى ٢ رمل وتوضع بالسلك المطلوب كما يجب بذل عناية خاصة في رص وتثبيت مستوى التسليم العلوي الرئيسي للبلطات المستمرة والكوابيل ويمنع منعاً باتاً تكسيح البلطات أثناء الصب .

( ٤ ) وصل الأسياخ باللحام : يسمح بوصل الأسياخ باللحام حسب المواصفات القياسية الخاصة على أن يظل محور الأسياخ المحمومة على استقامة واحدة عند موضع اللحام . وعلى أن تختبر عينات من الأسياخ المحمومة لإثبات صلاحيتها قبل السماح باللحام ولا يجوز استعمال اللحام للأسياخ التي تتحدد في مقاومتها على المعالجة على البارد إلا إذا أخذ انخفاض مقاومتها بالاعتبار .

( ٥ ) التيار الكهربية : لا يسمح باستعمال أسياخ صلب التسليم الداخلة في أعمال الخرسانة المسلحة لتوصيل أي تيار كهربائي كما يجب عزل الأسلاك الكهربية عن أسياخ التسليم عزلاً تاماً .

## تريبات خاصة بالخرسانة :

## ( ١ ) حفظ المواد :

( أ ) الأسمنت : يجب أن يحفظ الأسمنت بطريقة تحميه حماية فعالة من المطر ورطوبة الهواء والأرض ، ويجب ألا يستخدم في أعمال الخرسانة المسلحة أي أسمنت بدأت تتكون فيه حبيبات متصلة أو كتل أو ظهرت شوائب أو مواد غريبة مضي على حفظها أكثر من ستة أشهر بالنسبة للأسمنت البورتلاندى العادي أو أقل من ذلك بالنسبة للأسمنت الخاص كل حسب نوعه ، إلا أنه

الخرسانة تبدأ في الشك قبل وضعها في القالب بحيث يصعب دمكها فإنه لا يجوز إضافة ماء إلى الخرسانة بل يلزم استخدام الماء المثلج في الخليط وحماية الركام من أشعة الشمس وفي حالة انخفاض درجة الحرارة إلى ما تحت الصفر يلزم تسخين ماء الخليط أو الركام أو كلاهما .

#### هـ) أعمال صب الخرسانة في المناخ الحار والبارد :

نظراً لاختلاف المناخ في جمهورية مصر العربية ولذلك يجب أخذ الاحتياطات اللازمة عند صب الخرسانة في المناخ الحار والمناخ البارد وستلقى الضوء على المناخين .

#### أولاً : صب الخرسانة في المناخ الحار :

أ - منع سرعة تبخر ماء الخلطة : أهم الاحتياطات التي تتخذ للأعمال الخرسانية التي تنفذ في موسم الصيف هو منع سرعة تبخر الماء من الخرسانة لذا يجب حمايتها أثناء وبعد صب ونحو الأعمال لإخماد التفاعل الكيميائي بين الماء والأسمت ( البتوم ) وإذا تبخرت كمية كبيرة من الماء يؤدي ذلك إلى عدم إتمام هذه العملية والخفاف السريع للخرسانة يمكن أن يحدث عدة عيوب منها تقليل مقاومة الخرسانة والشروخ الناتجة من الانكماش يضاف إلى ذلك وبسبب فقدان الرطوبة السريع من سطح الخرسانة حدوث شروخ تلاحظ خلال اليوم الأول للصب أو في غضون بضع ساعات منه كما أن الخرسانة تتصلد قبل دمكها نتيجة سرعة شك الأسمت وزيادة امتصاص أو تبخر ماء الخليط وهذا يسبب صعوبة نحر الأسطح الخرسانية الكبيرة .

ب ( درجة حرارة الجو والرطوبة النسبية والرياح : عوامل كثيرة تؤثر على معدل تبخر الماء من الخرسانة مثل درجة حرارة الخرسانة والجو والرطوبة النسبية وسرعة الرياح حتى التغيرات النسبية الصغيرة في هذه العوامل يمكن أن تؤثر بقدر ملحوظ على معدل التبخر وعصوفاً إذا كانت هذه التغيرات لحظية .

وعلى سبيل المثال عندما تنخفض الرطوبة النسبية من ٩٠ - ٥٠٪ يزداد معدل التبخر ٥٥ مرات التبخر العادي وإذا انخفضت الرطوبة بسرعة إلى ١٠٪ يزداد معدل التبخر ٩٥ مرات تقريباً وعندما تزداد درجة حرارة الجو والخرسانة من ٥٠ - ٧٠ درجة فهرنهايت يتضاعف معدل التبخر ويزيادة درجة الحرارة إلى ٩٠ درجة فهرنهايت يزداد معدل درجة التبخر ٤٥ مرات .

وعندما تكون درجة حرارة الجو ٤٠ درجة فهرنهايت وارتفاع درجة حرارة الخرسانة من ٦٠ : ٨١ درجة فهرنهايت يزداد معدل التبخر ٣٥ مرات المعدل العادي .

وسرعة الرياح من العوامل الهامة أيضاً حيث يصبح معدل تبخر الماء ٤٤ مرات المعدل العادي وذلك عندما تزداد سرعة الرياح ١٩٥ الإنشائي والإسباقي

تدريجياً بالقدر المطلوب للخلط ، ويستمر التقليب والخلط حتى تتجانس الخلطة لوناً وقواماً .

#### ٥) نقل الخرسانة لموضع الصب :

في حالة الخلط الميكانيكي يجوز تفريغ العبوة من الأسطوانة للنقل رأساً أو عن طريق النوش الرافع أو المزرب أو مضخة الخرسانة - كما يجوز تفريغها على طبلية توطئة لنقلها يدوياً - ويراعى عدم تفريغ عبوة جديدة على الطبلية قبل تمام نقل العبوة السابقة . وأياً كانت طريقة الخلط يراعى عدم إلقاء العبوة مدة طويلة على الطبلية بعد استكمال خلطها لا سيما في درجات الحرارة المرتفعة ، فإذا تجاوزت ذلك مدة عشر دقائق في حدود المدة المنصوص عليها سابقاً جاز استعمالها بعد إعادة تقليبها يدوياً بدون إضافة ماء وأياً كانت وسيلة نقل الخرسانة يراعى اختصار مدة النقل لتفادي انفصال مواد الخرسانة .

#### ٦) صب الخرسانة :

أ) يراعى تسجيل بيانات عن ساعة وتاريخ الصب لكل جزء من البنى .

ب ( في حالة صب خرسانات بتخانة كبيرة يراعى أن تصب على طبقات في حدود ٣٠ سم لكل منها حتى يمكن دمك الخرسانة أولاً بأول ، ويمكن زيادة هذا الحد في حالة استخدام هزاز ويراعى ألا يمضي وقت طويل بين تعاقب الطبقات بحيث لا تكون الطبقة السفلى قد بدأت في التصلد عند بدء صب الطبقة التالية أما في حالة الأعمدة فلا يجوز صبها بكامل ارتفاعها ويجب تقسيم أحد جوانب القالب إلى أجزاء لا يتجاوز ارتفاعها ٢ متر يتم تغليفها أولاً بأول حتى يمكن الصب تباعاً ، قبل البدء في صب خرسانة فوق أخرى تتصلدت يورث سطحها بالماء لمدة ساعة ثم يوضع حوالي ٢ سم من مونة غنية مكونة من ٨٠٠ كجم أسمت لكل متر مكعب من الرمل وذلك لمنع حدوث فاصل وتجنب تراكم الزلط عند وصلة الصب ، ولضمان انسياب الخرسانة حول التسليح ، وفي حالة الكمرات المتصلة ببلاطات أعلاها يراعى أن تكون هناك فرة نحو نصف ساعة بين صب جسم الكمرة وصب البلاطة للتصلة بها وذلك لتجنب حدوث شروخ فيما بينهما أما إذا كانت الكمرات مقلوبة فيراعى أن يبدأ في صب الكمرة في اليوم التالي لصب البلاطة المتصلة بها وذلك بعد وضع المونة الغنية السابق الإشارة إليها .

ج ( عند صب الخرسانة تحت الماء يجب إجراء ذلك بوسائل خاصة تمكن من وضع الخرسانة دون فصل الأسمت من الخليط .

د ( في حالة ارتفاع درجة الحرارة إلى الحد الذي يجعل

فهرنيت ( حالة رقم ١٨ ) بالجدول والأسمت يفقد الحرارة يبطء شديد عند التخزين وتنتج هذه الحرارة من سحق مادة كلنكر الأسمنت عند تصنيعه ونظراً لتأثير درجة حرارة الخرسانة الطازجة توصي بعض المواصفات على حدود لدرجة حرارة الأسمنت عند استخدامها وتوضح بعض نتائج التجارب العملية أنه من المرغوب جداً توصيف أعلى درجة حرارة مسموح بها للخرسانة التي تم خلطها حديثاً .

( ز ) يجب حماية الخرسانة بوضع مصدات الرياح في اتجاهها عندما تكون الرياح السائدة في الموقع شديدة التأثير .

( ط ) البدء في أعمال المعالجة بمجرد الانتهاء من تصدق سطح الخرسانة بدرجة تكفي لمقاومة الخدش بتغطية الخرسانة بشرائح البلاستيك أو البوليثين أو الورق الغير منفذ للماء أو المواد الحافظة للماء مثل قش الأرز أو رش مركبات المعالجة الكيميائية على الخرسانة وتستخدم هذه الأنواع بعد النهو النهائي للخرسانة مباشرة .

( ي ) المحافظة على بقاء سطح الخرسانة مبلل باستمرار لتجنب وجود مناطق مبتلة وأخرى جافة أثناء فترة المعالجة .

( ف ) الاستمرار في معالجة الخرسانة لمدة لا تقل عن ( ٣ ) أيام ويفضل أسبوع والماء لا يعتبر وسيلة لمعالجة الأسطح فقط بل يستخدم أيضاً لتبريدها .

الرياح من صفر - ١٠ ميل / ساعة وعندما تزداد سرعة الرياح إلى ٢٥ ميل / ساعة يزداد معدل التبخر « ٩٥ » مرات .

وعموماً يزداد معدل التبخر في الظروف الآتية :

( أ ) عندما تقل الرطوبة النسبية .

( ب ) عندما تزداد درجة حرارة الجو والخرسانة .

( ج ) عندما تكون درجة حرارة الخرسانة أكبر من حرارة الجو .

( د ) عندما تزداد سرعة هبوب الرياح فوق سطح الخرسانة .

وانحداد الحرارة والجو الجاف والرياح السريعة ( بهذه الظروف شائعة في شهور الصيف ) يؤدي هذا إلى فقدان الرطوبة من سطح الخرسانة بمعدل أكبر .

( ح ) درجة حرارة الأسمنت : تتأثر درجة حرارة الخلطة الخرسانية إلى حد ما بدرجة حرارة الأسمنت ويعزى هذا لانخفاض درجة حرارة الأسمنت النوعية وكمية الأسمنت الصغيرة نسبياً بالنسبة لحجم الخلطة .

والجدول التالي يوضح تأثير الاختلاف في درجة حرارة الخرسانة والجو والرطوبة النسبية وسرعة الرياح على قابلية جفاف الخرسانة في موقع العمل ومنه يلاحظ أن أنسب درجة حرارة لإنتاج خرسانة عالية المقاومة هي « ٧٠ » درجة

| قابلية الخرسانة للجفاف<br>باوند / قدم ٢ ساعة | سرعة الرياح | درجة نقطة الابل<br>فهرنيت | الرطوبة النسبية % | درجة حرارة الهواء<br>فهرنيت | درجة حرارة الخرسانة<br>فهرنيت | حالة رقم | ملاحظات<br>لدرجة الحرارة والرطوبة     |
|--|-------------|---------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------|---------------------------------------|
| ٠.١٥   | صفر         | ٥٩                        | ٧٠                | ٧٠                          | ٧٠                            | ١        | (١) زيادة سرعة الرياح                 |
| ٠.٣٨   | ٥           | ٥٩                        | ٧٠                | ٧٠                          | ٧٠                            | ٢        |                                       |
| ٠.٦٢   | ١٠          | ٥٩                        | ٧٠                | ٧٠                          | ٧٠                            | ٣        |                                       |
| ٠.٨٥   | ١٥          | ٥٩                        | ٧٠                | ٧٠                          | ٧٠                            | ٤        |                                       |
| ٠.١١٠  | ٢٠          | ٥٩                        | ٧٠                | ٧٠                          | ٧٠                            | ٥        |                                       |
| ٠.١٣٥  | ٢٥          | ٥٩                        | ٧٠                | ٧٠                          | ٧٠                            | ٦        |                                       |
| ٠.٢٠   | ١٠          | ٦٧                        | ٩٠                | ٧٠                          | ٧٠                            | ٧        | (٢) انخفاض الرطوبة النسبية            |
| ٠.٦٢   | ١٠          | ٥٩                        | ٧٠                | ٧٠                          | ٧٠                            | ٨        |                                       |
| ٠.١٠٠  | ١٠          | ٥٠                        | ٥٠                | ٧٠                          | ٧٠                            | ٩        |                                       |
| ٠.١٣٥  | ١٠          | ٣٧                        | ٣٠                | ٧٠                          | ٧٠                            | ١٠       |                                       |
| ٠.١٧٥  | ١٠          | ١٣                        | ١٠                | ٧٠                          | ٧٠                            | ١١       |                                       |
| ٠.٢٦   | ١٠          | ٤١                        | ٧٠                | ٥٠                          | ٥٠                            | ١٢       | (٣) زيادة درجة حرارة الخرسانة والهواء |
| ٠.٤٣   | ١٠          | ٥٠                        | ٧٠                | ٦٠                          | ٦٠                            | ١٣       |                                       |
| ٠.٦٢   | ١٠          | ٥٩                        | ٧٠                | ٧٠                          | ٧٠                            | ١٤       |                                       |
| ٠.٧٧   | ١٠          | ٧٠                        | ٧٠                | ٨٠                          | ٨٠                            | ١٥       |                                       |
| ٠.١١٠  | ١٠          | ٧٩                        | ٧٠                | ٩٠                          | ٩٠                            | ١٦       |                                       |
| ٠.١٨٠  | ١٠          | ٨٨                        | ٧٠                | ١٠٠                         | ١٠٠                           | ١٧       |                                       |



| قابلية الخرسانة للجفاف<br>بأوندة قدم ٢ ساعة | سرعة الرياح | درجة نقطة الال<br>فهرنهايت | الرطوبة النسبية % | درجة حرارة الهواء<br>فهرنهايت | درجة حرارة الخرسانة<br>فهرنهايت | حالة رقم | ملاحظات<br>لدرجة الحرارة والرطوبة           |
|---|-------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------|---|
| صفر   | ١٠          | ٧٠                         | ٧٠                | ٨٠                            | ٧٠                              | ١٨       | (٤) درجة حرارة                              |
| -٠,٦٢                                       | ١٠          | ٥٩                         | ٧٠                | ٧٠                            | ٧٠                              | ١٩       | الخرسانة ٧٠ درجة                            |
| -٠,١٢٥                                      | ١٠          | ٤١                         | ٧٠                | ٥٠                            | ٧٠                              | ٢٠       | فهرنهايت وانخفاض درجة حرارة الجو .          |
| -٠,١٦٥                                      | ١٠          | ٢١                         | ٧٠                | ٣٠                            | ٧٠                              | ٢١       |   |
| -٠,٢٠٥                                      | ١٠          | ٤٠                         | ١٠٠               | ٤٠                            | ٨٠                              | ٢٢       | (٥) ارتفاع درجة حرارة                       |
| -٠,١٣٠                                      | ١٠          | ٤٠                         | ١٠٠               | ٤٠                            | ٧٠                              | ٢٣       | الخرسانة ودرجة حرارة الجو                   |
| -٠,٠٧٥                                      | ١٠          | ٤٠                         | ١٠٠               | ٤٠                            | ٦٠                              | ٢٤       | ٤٠ درجة فهرنهايت والرطوبة النسبية .         |
| -٠,٠٣٥                                      | صفر         | ٢٣                         | ٥٠                | ٤٠                            | ٧٠                              | ٢٥       | (٦) ارتفاع درجة حرارة                       |
| -٠,١٦٢                                      | ١٠          | ٢٣                         | ٥٠                | ٤٠                            | ٧٠                              | ٢٦       | الخرسانة ودرجة حرارة                        |
| -٠,٣٥٧                                      | ١٠          | ٢٣                         | ٥٠                | ٤٠                            | ٧٠                              | ٢٧       | الجو ٤٠ درجة فهرنهايت وسرعة الرياح متغيرة . |
| -٠,١٧٥                                      | ١٠          | ٥٠                         | ٥٠                | ٧٠                            | ٧٠                              | ٢٨       | (٧) انخفاض درجة حرارة                       |
| -٠,١٠٠                                      | ١٠          | ٥٠                         | ٥٠                | ٧٠                            | ٧٠                              | ٢٩       | الخرسانة ودرجة حرارة                        |
| -٠,٤٥                                       | ١٠          | ٥٠                         | ٥٠                | ٧٠                            | ٦٠                              | ٣٠       | الجو ٧٠ درجة فهرنهايت.                      |
| -٠,٠٧٠                                      | صفر         | ٢٦                         | ١٠                | ٩٠                            | ٩٠                              | ٣١       | (٨) ارتفاع درجة حرارة                       |
| -٠,٣٣٦                                      | ١٠          | ٢٦                         | ١٠                | ٩٠                            | ٩٠                              | ٣٢       | الخرسانة والجو ونسبة                        |
| -٠,٧٤٠                                      | ٢٥          | ٢٦                         | ١٠                | ٩٠                            | ٩٠                              | ٣٣       | الرطوبة النوعية وسرعة الرياح متغيرة .       |

د) بعض النقاط التي يجب ذكرها لصب وهو الخرسانة في المناخ الحار :

تؤخذ بعض الاحتياطات البسيطة لضبط جودة الخرسانة في الموقع يمكن بواسطتها توفير قدر كبير من تكلفتها والإجراءات الآتية تؤدي إلى زيادة مقاومة الخرسانة بعد فترة قصيرة من صبها وتكسبها قوة احتمال كبيرة إلى جانب أنها تقلل كثيراً من العيوب السطحية للخرسانة .

— درجة حرارة المواد الأساسية : عند إجراء أعمال الخلط بالموقع تستخدم المواد الباردة والمحافظة على بقائها باردة يجب تشويها في الظل كلما أمكن ورش الركام الكبير بالماء وحماية مصادر الماء من أشعة الشمس المباشرة وفي الأجواء شديدة الحرارة يتم ذلك بالتهوية أو استخدام التلج كجزء من ماء الخلط ويجب أن يكون زمن ذوبان التلج هو زمن تدلول الخرسانة بعد خلطها ومعظم أصحاب محطات خلط الخرسانة الجاهزة بالمناطق الحارة يتيقن هذه الإجراءات حتى تصل الخلطة إلى موقع العمل في حالة باردة .

— منع امتصاص ماء الخلطة : يتم ذلك بترطيب طبقة الأساس في أعمال الرصف وكذلك حديد التسليح والشدات الحشوية قبل صب الخرسانة مباشرة لكي تمنع هذه الإجراءات امتصاص الماء من الخلطة .

— وري الركام الكبير : يجب رش الركام الكبير قبل إضافته إلى الخلطة لتقليل احتمالات امتصاص الماء من الخلطة :

— بعد صب الخرسانة يجب دمكها وتسويتها في الحال .  
— وضع أغشية مؤقتة تحفظ باستمرار مبللة فوق أسطح الخرسانة حديثة الصب وبسرعة بعد دمك وتسوية الخرسانة .  
— عندما تكون الخرسانة جاهزة لنهائها تبقى قطاعات صغيرة عند نهايتها غير مغطاة كدليل لعمال صب الخرسانة ثم تغطى الخرسانة بطريقة سليمة بعد النهي النهائي وتبقى هذه الأغشية مبللة باستمرار .

— أي تأخير في نهو الخرسانة ذات الهواء المحبوس في الجو الحار سوف يؤدي إلى تكوين سطح يصعب نهو .

— يجب حماية سطح الخرسانة من التبخر عند صبها في المناخ

٧) بعض النقاط التي يجب مراعاتها لصب ونمو الخرسانة في المناخ البارد :

( أ ) يجب إعداد الموقع بوسائل المعالجة الحرارية المناسبة وبالمواد العازلة لحماية الخرسانة والحفاظة على درجة حرارتها عند ٧٠ درجة فهرنهايت أو أكثر لمدة يومين أو ٥٠ درجة فهرنهايت لمدة ٣ أيام .

( ب ) تسخين الماء :

يجب أن تتراوح درجة الحرارة للخرسانة عند صبها في القرم بين ٥٠ - ٧٠ درجة فهرنهايت وذلك للأسطح الكبيرة عندما تكون درجة حرارة الجو بين ٣٠ - ٤٠ درجة فهرنهايت حيث يتم تسخين ماء الخلط لمنع الشك المفاجيء للخرسانة ولـ بعض المناطق الباردة يتم تسخين الركام ( الصغير وأحياناً الكبير ) .  
( جـ ) استخدام المجليات :

يجب أن يتم استخدام المجليات ببنية ويستخدم لذلك حوالي ١ رطل من كلوريد الكالسيوم لكل شيكارة أسمنت ولا تزيد عن شيكارة لتجنب حدوث الشك المفاجيء للخرسانة .

( د ) معالجة الخرسانة :

تتفقد الخرسانة التي تم صبها في القرم أو تم تغطيتها بمادة عازلة كمية ملحوظة من الرطوبة في درجة حرارة ٤٠ إلى ٥٠ درجة فهرنهايت وهذا يؤثر في معالجة الخرسانة التي تحتاج ضرورة في المناخ البارد ويتم المعالجة باستخدام الماء لمنع جفاف الخرسانة .

والبخار وسيلة ممتازة للمعالجة لأنها تمد الخرسانة بالحرارة والرطوبة معاً وهي طريقة عملية في المناخ البارد والمعالجة بالأغطية اللبيلة على سطح الخرسانة يمكن استخدامها بعد المعالجة بالماء أو البخار وبعد إزالتها يمكن استخدام مركبات المعالجة .

ويمكن الحفاظ على درجة حرارة الخرسانة باستخدام الوسائل الصناعية العازلة ( الصوف أو البيرنوم ) وقادرة هذه الوسائل على العزل يمكن تحديدها بواسطة ترمومتر ملاصق لسطح الخرسانة أسفل هذه الوسائل الخاصة بالعزل وإذا انخفضت درجة الحرارة عن المسموح بها يجب استخدام وسائل عازلة إضافية .

( هـ ) إزالة الشدات : يجب إعطاء الوقت الكافي للخرسانة للوصول إلى المقاومة المطلوبة قبل إزالة الشدات الخاصة بها ، وإذا تم فك هذه الشدات بسرعة فإن زوايا وحرفي الخرسانة تشقق ويجب لذلك بقلها في مكانها حتى تحصل الخرسانة على المقاومة الكافية وبمحت تكون قادرة على حمل وزنها بالإضافة إلى أي أحمال أخرى يمكن أن توضع عليها أثناء عملية الإنشاء .  
وباتباع الإجراءات المذكورة يمكن الحصول على خرسانة ذات مقاومة عالية دون حدوث أي صعوبة في نهوها أو ظهور عيوب نتيجة لصب الخرسانة في هذا المناخ البارد .

الحار وفي وجود الرياح الجافة يجب منع فقدان السريع للماء الذي يمكن أن يسبب شروخ نتيجة لانكماش الخرسانة .

— يجب حماية الخرسانة من ضوء الشمس المباشر في الأيام الحارة وذلك بتركيب مظلات أو تأخير موعد أعمال الصب حتى وقت متأخر من النهار أو استغلال ما أمكن من ظلال المباني المجاورة أو الأشجار .

( ٥ ) ملاحظة الأحوال الجوية : الأحوال الجوية أثناء العمل يجب تسجيلها أولاً بأول لأنها جزء من تسجيل العمل الدائم والرطوبة ودرجة الحرارة والرياح والسحاب وتلاحظ في الموقع .

( ٦ ) عينات الاختبار في المناخ الحار : يجب أخذ العينات ( ملء مكعبات الاختبار ومعالجتها ) في المناخ الحار طبقاً للمواصفات الأمريكية ( A.S.T.M- C31 ) ويجب المحافظة على مكعبات الاختبار تحت الظل وبعد مرور يوم على أخذ المكعبات يجب نقلها إلى المصل ( أو أي موقع مناسب ) حيث تفرض إلى المعالجة بالرطوبة طبقاً للطرق القياسية حتى يتم اختبارها .

( ٧ ) استخدام الإضافات : تستخدم الإضافات أحياناً في المناخ الحار لتأخير زمن شك الخرسانة وتقليل الحاجة إلى إضافة الماء إلى الخلطة .

والعوامل المقللة للماء يمكن أن تكون مفيدة إذا لم تؤثر في مقاومة الخرسانة والخواص الأخرى لها واستخدمها يجب التحكم فيه بنجاة وهذه العوامل يجب استخدامها للمساعدة في العمل وليست كبديل لبعض العناصر ويجب اختبار الإضافات بموقع العمل مع باقي المواد المستخدمة تحت ظروف العمل وتجري لتحسين الخرسانة وتجانسها مع باقي العناصر الإنشائية الأخرى وقدرتها تحت هذه الظروف على إنتاج الخواص المطلوبة منها .

ثانياً : أعمال صب الخرسانة في المناخ البارد :

( ١ ) تأثير درجة حرارة الخرسانة :

درجة الحرارة لها تأثير على معدل تصلد الخرسانة وكذلك على معدل نمو الأسمنت وانخفاض درجة الحرارة يؤخر تصلب الخرسانة واكتسابها المقاومة المطلوبة وبالتقريب من درجة التجمد تقل قدرة الخرسانة على اكتساب مقاومتها .

واكتساب مقاومة الخرسانة يتوقف تماماً عندما ينفذ الحصول على الرطوبة المطلوبة لمعالجتها الخرسانة لمدة طويلة والخرسانة التي تم صبها في درجة حرارة منخفضة يمكن أن تكتسب مقاومة أهل من المقاومة التي تكتسبها الخرسانة في درجات الحرارة العالية ولكن معالجة الخرسانة في الأجواء الباردة يجب أن تأخذ زمناً طويلاً لإتمامها .

**٦) الدمك :** تشمل عملية الدمك الغز والخز بما يجبل الخرسانة تنساب حول أسياخ التسليح وتخلطها بحيث تملأ كافة فراغ القالب للنسب المطلوب .

يجوز الدمك بالأنودات اليدوية إذا لم ينص على استعمال الوسائل الميكانيكية مثل هزازات الأسطح وعلى العموم فإنه يوصى باستخدام الهزازات حيث إنها تقلل من مدة الدمك وتمكن من تخفيض نسبة الماء للأسمت في الخلطة مما يؤدي إلى خرسانة أعلى جودة ويلزم أن يقوم بعملية الدمك شخص مدرب بحيث لا يترك مكاناً بدون دمك ولا يطيله بحيث يحدث انفصال حسي في مواد الخرسانة وطفو كميات كثيفة من لباني الأسمنت على سطحها .

**ب) يجب ألا تتعرض البدرومات لضغط المياه الجوفية لمدة تتراوح من ثلاثة إلى خمسة أيام بعد الصب . وذلك لمنع تسرب المياه خلال الخرسانة أو لمدة تكفي لتصلد الخرسانة في حالة ما إذا كان ضغط الماء يسبب إجهادات ذات بال في أعضاء المنشأ . وخلال هذه المدة يلزم حفظ منسوب المياه الجوفية منخفضاً إلى مستوى مناسب باستخدام الطلمبات وإلا فإنه يلزم غمر المنشأ بالماء ليصادل الضغوط الداخلي والخارجي .**

**(١٠) فواصل التمدد :** تكون المسافة القصوى بين فواصل التمدد كما يلي :

- ٤٥ متراً في المناطق عالية الرطوبة .
- ٤٠ متراً في المناطق الرطبة .
- ٣٥ متراً في المناطق متوسطة الرطوبة .
- ٣٠ متراً في المناطق الجافة .

على أن يسمح بزيادة هذه المسافات بمقدار أعظمي لا يزيد عن ثلث القيم المبينة أعلاه على أن يؤخذ عندها تأثير التغيرات الحرارية وتقلص (انكماش) البتوت بالاعتبار في تصميم العناصر المختلفة للمنشأ .

**ملحوظة :**

والرسومات التالية تبين فواصل التمدد للآتي :

- أ - فواصل الأرضيات من البلاطات والكمرات المسلحة .
- ب - فواصل للبلاطات الخرسانية بدون كمرات .
- ج - فواصل لبلاطات خرسانية ظهورها غير مهم .
- د - فواصل مغطاة بالطبقات العازلة على التراب مباشرة .

**(١١) وقاية الخرسانة ومعالجتها :**

أ) يجب وقاية الخرسانة حديثة الصب من المطر والجفاف السريع خصوصاً في حالة الجو الحار أو الجفاف أو للعاصفة وذلك بتغطيتها بأغطية مناسبة من وقت انتهاء صب الخرسانة إلى الوقت الذي يصبح فيه السطح صلباً بدرجة كافية بحيث يمكن رشه بالماء وتغطيته بمادة رطبة .

**٦) الدمك :** تشمل عملية الدمك الغز والخز بما يجبل الخرسانة تنساب حول أسياخ التسليح وتخلطها بحيث تملأ كافة فراغ القالب للنسب المطلوب .

يجوز الدمك بالأنودات اليدوية إذا لم ينص على استعمال الوسائل الميكانيكية مثل هزازات الأسطح وعلى العموم فإنه يوصى باستخدام الهزازات حيث إنها تقلل من مدة الدمك وتمكن من تخفيض نسبة الماء للأسمت في الخلطة مما يؤدي إلى خرسانة أعلى جودة ويلزم أن يقوم بعملية الدمك شخص مدرب بحيث لا يترك مكاناً بدون دمك ولا يطيله بحيث يحدث انفصال حسي في مواد الخرسانة وطفو كميات كثيفة من لباني الأسمنت على سطحها .

ويراعى ألا يتسبب الصب والدمك بأي حال في تقللة الخرسانات السابق صبها أو زحزحة تسليحها حتى لا تكون فراغات في الخرسانة أو حول أسياخ التسليح ومهما كانت الطريقة يجب أن يستمر الدمك حتى يتعذر التعشيش ويمنع ظهور الفقاعات الهوائية وتصل الخرسانة إلى أقصى كثافة .

**(٧) فواصل الصب :** فاصل الصب هو الفاصل بين صبتين متجاورتين انقضى بين إجرائهما فترة من الزمن بسبب عدم إمكان إجراء الصب بأكمله في عملية مستمرة . ويراعى عند اختيار مواقع فواصل الصب وإجرائها الشروط والاحتياطات التالية .

أ) أن تكون الفواصل في الكمرات عند نقط الانقلاب المجاورة للركائز التي تم صبها .

ب) أن تكون الفواصل في المواقع التي تقل عندها قوى القص ما أمكن ويجب أن يكون الفاصل متعامداً مع القوى الداعية المؤثرة .

ج) يجوز في حالة البلاطات عمل الفواصل متصفاً عرض الكمرات الحاملة لها .

د) تعمل الفواصل بين الأعمدة والكمرات مع منسوب قاع تلك الكمرات أو قاع مشاطيفها إن وجدت .

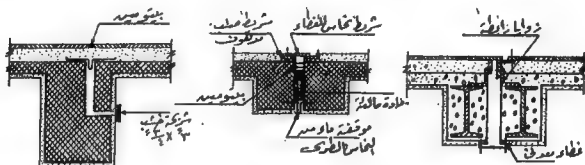
هـ) تعمل الفواصل بين الكمرات العميقة أو المقلوبة والبلاطات المتصلة بها عند هذا الاتصال وعند وجود مشاطيف في البلاطات يكون صبها مع البلاطات .

و) عند استئناف الصب بعد يوم أو أكثر ينحت سطح الخرسانة جيداً لإظهار الركام الكبير ثم تزال الأسواخ والمواد السالبة ثم يفضل بالماء حتى يتشبع ويبدئ توضع مونة بتكوين مماثل لمونة الخرسانة بالمقدار الذي يكفي لتغطية الركام الظاهر ويبدئ يستأنف الصب .

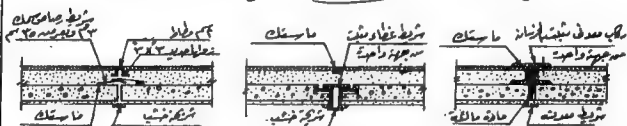
**(٩) فواصل الانكماش :** في الحالات التي يكون فيها شروع

ويجب حفظ الخرسانة باستمرار ابتداء من وقت تصلبد الأسمنت سريع التصلد . ويتم ذلك برشها جيداً بالماء أو بغطية السطح بدرجة كافية لمدة لا تقل عن سبعة أيام وذلك عند السطح بمحش أو رمل أو قش أو حصير أو بأى مادة مناسبة استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى وثلاثة أيام عند استعمال مع حفظها فى حالة رطبة بالررش المستمر .

## فواصل التحدد



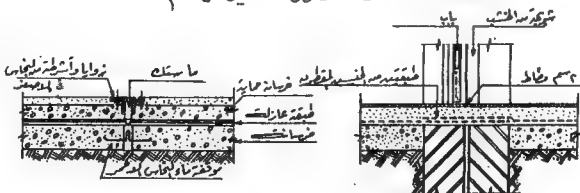
## فواصل لأرضيات من البلاطات والكمرات المسلحة



## فواصل لبلاطات خرسانية تدوير كميرات



## فواصل لبلاطات خرسانية ظهورها غير مهم



فواصل لبلاطات مغطاة بالطبقات العازلة على التراب مباشرة ،

ب) يجب ألا تتعرض الخرسانة في أيامها السبعة الأولى من صبها لماء يحوى أملاحاً ضارة .

جـ) يجب ألا تتعرض الخرسانة لضغوط من جانب واحد نتيجة ماء جوف أو ردم ترابى لا سيما المشيع منه بالماء إلا بعد أن تصل الخرسانة إلى مقاومتها المقررة .

### — اختبارات المواد الداخلة في تركيب الخرسانة :

في حالة الشك في جودة أى مادة من المواد المكونة للخرسانة تجرى عليها الاختبارات الواردة في المواصفات القياسية .

### — اختبارات الخرسانة :

١) **عموميات :** تجرى اختبارات أولية على خرسانة مجهزة بنفس الكيفية والوسائل التي سوف تجهز بها أثناء التنفيذ ويعمل من أجل ذلك ستة قوالب قياسية ثلاثة منها تختبر في مقاومة الضغط بعد ٧ أيام والثلاثة الباقية بعد ٢٨ يوماً : كما تجرى اختبارات الموقع على عينات مأخوذة من نفس خرسانة التنفيذ ( بمعدل ٦ قوالب على الأقل لكل ١٠٠م<sup>٣</sup> خرسانة أو للمنشأ أو لكل يوم صب إذا زادت كمية الخرسانة المصبوبة فيه عن ١٠٠م<sup>٣</sup> ) وتجرى لها اختبارات مقاومة الضغط المذكورة فيما بعد .

### ٢) الاختبارات الأولية المعملة على عينات الخرسانة :

تستخدم هذه الطريقة لاختبار الضغط على الخرسانة في المعمل حيث يمكن التحكم في نسب المواد للحصول على الخلطة الخرسانية ذات الخواص المطلوبة وذلك باتباع ما يلي :

أ) **صنع الخرسانة :** يجب أن تشابه المواد والنسب المستعملة في عمل عينات الاختبار تلك التي ستعمل في الموقع ما أمكن . ويراعى حفظ المواد اللازمة للخلط في أوعية محكمة بالمعمل لحين إجراء الاختبارات عليها . ويراعى جعل المواد في درجة حرارة تتراوح بين ٢٠ و ٣٠ م قبل البدء في الاختبارات على أن يكون الركام المستعمل جافاً . وتقدر الكميات اللازمة من الأسمنت والركام والماء المراد خلطه بالوزن وتخلط الخرسانة باليد أو خلطاً صغير بحيث يمكن تجنب فقد الماء .

وإذا تم خلط الخرسانة باليد فإنه يلزم أولاً خلط الأسمنت والركام الصغير على الناشف حتى يتجانس الخلوط في اللون ثم تضاف إلى الركام الكبير وتخلط جميعاً معاً . وأخيراً يضاف الماء وتخلط الجميع بعناية حتى تظهر الخرسانة الناتجة متجانسة لها القوام المطلوب . وإذا أجريت عملية الخلط باستعمال الخلط توضع فيه المواد وتخلط بعناية حتى تتجانس الخرسانة الناتجة في اللون في مدة لا تقل عن دقيقتين .

ب) **تجهيز عينات الاختبار :** يكون قالب عينات الاختبار

على شكل مكعب أو منشور أو أسطوانة . ويراعى أن تكون أوجه القالب وقاعدته من معدن جيد الصنع حتى يمكن الحصول على عينات ذات أوجه مستوية ومتوازنة . وعلى أنه يجب دهان الأوجه الداخلية للقالب والقاع الخاص به بزيوت خفيفة قبل وضع الخرسانة .

وتختبر عينة الاختبار بوضع الخرسانة الطازجة في القالب على طبقات سمكة الطبقة الواحدة ٥ سم تقريباً ويتم دمك كل طبقة بعناية بقضيب صلب قياسى بزن ٢ كيلو جرام بطول حوالى ٤٠ سم وبنهاية مربعة المقطع مقل ٢,٥ × ٢,٥ سنتيمتر . وتدمك كل طبقة بالدف بهذا القضيب ٢٥ مرة ويمكن بدلاً من ذلك دمك الخرسانة بالهر المناسب .

وتعالج العينات بحفظ القوالب في رطوبة عالية لا تقل عن ٩٠٪ وعند درجة حرارة تتراوح بين ٢٠ - ٣٠ م لمدة أربع وعشرون ساعة ثم تفك بعد ذلك وتوضع العينات تحت الماء في درجة حرارة ( ٢٠ - ٢٢ م ) إلى حين موعد اختبارها .

جـ - **طريقة الاختبار :** تعمل اختبارات الضغط بوضع عينة الاختبار بين لوحين من الصلب ناعمة الأسطح ويتم تعريضها إلى حمل ضغط محوري بمعدل حوالى ١٤٠ كجم / سم<sup>٢</sup> في الدقيقة . ويجب أن تكون مكنة الاختبار ذات قاعدة بمرتکز كروى .

### اختبارات الموقع :

١ - تستخدم هذه الطريقة في اختبارات ضغط الخرسانة التي أخذت عيناتها أثناء التشغيل .

أ) **تحضير عينات الخرسانة :** تؤخذ الخرسانة اللازمة لعينات الاختبار عند وضعها في القالب للتأكد من أنها تمثل الخرسانة في المنشأ ويلزم أخذ عدة عينات من مناطق متفرقة بحيث تكون كل عينة كافية لعمل العينات اللازمة للاختبار ويجب بيان المناطق التي أخذت منها هذه العينات .

ب) **تحضير عينات الاختبار :** تجهز العينات طبقاً لما جاء في الطريقة السابقة للاختبار للمعمل .

جـ) **معالجة عينات الاختبار :** تحفظ عينات الاختبار في الموقع في مكان بعيد عن أى اهتزاز في أوعية رطبة لمدة ٢٤ ± ساعة حيث تستخرج بعدها من القوالب وتعرض لنفس

الظروف المعرض لها المنشأ من معالجة حتى تاريخ الاختبار ثم تبا العينات التي سوف ترسل للمعمل لاختبارها تمهيداً لنقلها في رمل رطب في غضون ٢٤ ساعة قبل اختبارها .

ولا يجوز إجراء هذه الاختبارات قبل انتهاء ستة أسابيع من ابتداء تصلد الخرسانة ويختبر جزء المنشأ المراد اختباراه بترصمه لحمل مقلده مرة ونصف الحمل المحي المتخصص عليه في التصميم إلى حمل مكافئ لجميع الأحمال الميتة في صورتها النهائية (من أرضيات وقواطع ... إلخ) ويترك هذا الحمل لمدة ٢٤ ساعة قبل رفعه .

وفي أثناء الاختبارات يجب وضع قوائم متينة بالعدد الكافي لتحمل الحمل بأكمله ويكون وضعها بطريقة تسمح بترك فراغ مناسب تحت أعضاء المنشأ موضوع الاختبار يسمح بحملوت الانحناء المتوقع .

وفي خلال ٢٤ ساعة من رفع مرة ونصف الحمل المحي إذا لم يتخف ٧٥٪ على الأقل من سهم الانحناء الأعظم الذي ظهر بعد التحميل في مدة الأربع والعشرين ساعة يجب إعادة الاختبار بنفس الطريقة السابقة .

ويختبر جزء المنشأ غير مقبول إذا لم يتخف على الأقل ٧٥٪ من سهم الانحناء الذي ظهر أثناء الاختبار الثاني .

أما إذا ظهر على أي جزء من المنشأ أثناء الاختبارات أو بعد رفع الحمل أية علامة من علامات الضعف أو سهم انحناء غير متظر أو خطأ في طريقة الإنشاء وجب على المصمم اتباع أي من أو بعض الحلول الآتية :

- وضع ركائز إضافية إن أمكن .
- عمل التخفيض الممكن في الأحمال الحية أو تحسين توزيع الأحمال وتعديل ترتيب الأحمال المركزة .
- عمل التخفيض الممكن في الأحمال الميتة .
- عمل التخفيض الممكن للتأثير الديناميكي إن وجد .
- ويجوز المبنى غير صالح للاستعمال للغرض المقصود أصلاً إذا كانت جميع هذه الإجراءات لا تزال غير كافية .

#### الظاوت المسموح به :

##### ١) الظاوت المسموح به في الأبعاد :

إن الظاوت المسموح به في أي بعد d مقاساً بين أسطح متقابلة أو بين أضلاع أو بين تقاطعات أضلاع يحدد بـ :

$$\frac{1}{8} \sqrt[3]{d} \text{ cm} \text{ في حالة المنشآت العادية} \quad \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{8} \sqrt[3]{d} \text{ cm} \text{ في حالة المنشآت التي تتطلب دقة استثنائية} \quad \frac{1}{8}$$

د) طريقة الاختبار : تختبر العينات بنفس طريقة الاختبار المعمول السابقة .

٢) عل أنه يفضل في كثير من الأحيان إجراء اختبارات الموقع على عينات من الخرسانة تؤخذ وتحضر بنفس الكيفية الميئة

سابقاً ثم تحفظ في أوعية رطبة لمدة ٢٤ ساعة  $\pm$  ساعة

حيث تستخرج من القوالب ثم تغمأ في رمل رطب أو أي مادة أخرى رطبة مناسبة وتنقل مباشرة إلى المختبر حيث تحفظ في الشروط النظامية (تحت الماء وبدرجة حرارة  $20 \pm 2^\circ \text{C}$ ) حتى تاريخ اختبارها . ويجب في هذه الحالة ألا تقل مقاومتها المتوسطة عن المقاومة المميزة للخرسانة وألا يزيد الفرق بين القيمة العظمى والقيمة الصغرى عن ٢٠٪ من متوسط مقاومتها . والغاية من هذا النوع من اختبارات الموقع هو مراقبة تصنيع الخرسانة ونقلها إلى حين صيها للتأكد من صلاحية النسب المتعمدة للخلطة الخرسانية واستمرار مطابقة خواص المواد المستعملة على خواصها التي اعتبرت عند إجراء الخلطات التجريبية وأيضاً للتأكد من صحة خلط الخرسانة ونقلها إلى موقع الصب وبشكل عام للتحقق من مدى مطابقة خواص الخرسانة عند صيها مع تلك التي حددت لها .

— التفشيح على الخرسانة بعد صيها : بمجرد فك القوالب يجب التفشيح على الخرسانة بنهائية ويجب إصلاح كافةيوب بأسرع وقت ممكن وتكون طريقة الإصلاح كما يلي :

تزال الأجزاء المفككة ويملأ الموضع بالماء لمدة ٢٤ ساعة ثم تملأ بخرسانة مماثلة من زلط رفيع إن كانت الفجوة كبيرة أو بمونة لا تقل نسبة الأسمنت بها عن ٨٠٠ كجم للمتر المكعب رمل مع استخدام أقل نسبة من ماء الخلط ويفضل استخدام مدفع الأسمنت كلما أمكن ذلك وبخاصة في الأسطح السفلية .

في حالة الشك بمقاومة الخرسانة في عنصر ما يمكن أخذ جزرات أسطوانية متصلة منه بقطر حوالي ١٠ سم واختبارها على الضغط . وتعتبر الخرسانة مقبولة إذا كان متوسط مقاومة الجزرات لا يقل عن ٨٠٪ من المقاومة المميزة المطلوبة للخرسانة في العنصر . وبشرط ألا يزيد الفرق بين المقاومة العليا والمقاومة الدنيا للجزرات عن ٢٥٪ من متوسط مقاومتها . فإذا لم يتحقق هذا الاشتراط فيجب إجراء اختبار تحميل .

— اختبارات تحميل المنشآت الخرسانية : تجرى اختبارات التحميل على المنشأ بعد إتمامه إذا طلب ذلك في مواصفات العملية أو إذا كان هناك سبب يدعو إلى الشك في كفاءة المنشأ من حيث متنته .

## ٧) التفاوت المسموح به في الاستقامة العمودية :

إن التفاوت المسموح به في الاستقامة العمودية لعنصر ارتفاعه  $h$  يحدد به  $\alpha \sqrt[3]{h}$  سم حيث تحدد  $\alpha$  من الجدول التالي :

| $\alpha \sqrt[3]{h}$           | منشآت عادية     | منشآت ذات استوائية |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|
| عناصر حاملة ذات أوجه رأسية     | $\alpha = 0.33$ | $\alpha = 0.2$     |
| عناصر حاملة ذات أوجه غير رأسية | $\alpha = 0.40$ | $\alpha = 0.25$    |
| عناصر غير حاملة                | $\alpha = 0.50$ | $\alpha = 0.33$    |

يقصد « بعنصر حامل » العنصر المخصص لنقل الأحمال الرأسية كالأعمدة والدعام الكبرى إذا كان مثل هذا العنصر ذو وجهين رأسيين والوجهين الآخرين مائلين يجب أن تتبع التفاوتات المذكورة في أول صف من الجدول في الاتجاه العادى ذات الأوجه الرأسية وتفاوتات الصف التالى في الاتجاه العمودى .

ويقصد « بعنصر غير حامل » العنصر غير المخصص أساساً لنقل الأحمال الرأسية ولكن عنصر كهذا ليس بالضرورة أن يكون عنصراً غير عمل .

٧) التفاوت المسموح به في الاستقامة الطولية : يميز التفاوت المسموح به في الاستقامة الطولية على ضلع مستقيم (أو على كل راسم مستقيم لمستوى مسطح) بأقصى سهم للترجيح المقبول لكل جزء طولى من هذا الضلع (أو من هذا الرسم) وهى محددة عند :  $\frac{L}{300}$  (بحد أدنى ١ سم) في حالة للمنشآت العادية و  $\frac{L}{500}$  (بحد أدنى ١ سم) في حالة للمنشآت التى تتطلب دقة استوائية .

## التفاوت المسموح به في التسليح :

١) التفاوت المسموح به بين أدنى أبعاد لأسياخ التسليح وبين الجدران .

أ) بالنسبة للأوجه المصبوبة على قاع القالب (أعلى أو مائل) فالتفاوت في أدنى مسافة بين كل سيخ تسليح والجدار محددة بعشر (0.10) هذه المسافة . يفترض احترام هذا التفاوت استخدم سدادات ذات أبعاد دقيقة .

ب) بالنسبة للأوجه المصبوبة على الجدران الجانبية للقوالب (أو على الأوجه العليا العمودية للقوالب) فإن التفاوت المسموح به لأدنى بعد بين كل سيخ تسليح والجدار محددة بخمس (0.20) هذه المسافة .

جـ) بالنسبة للأوجه العليا المسواه وغير مقبولة فإن التفاوت المسموح به في المسافة بين كل سيخ تسليح وهذا الوجه محددة بربع (0.25) هذه المسافة .

٢) في الاتجاه الذى يكون لتحرك الأسياخ أسوأ الأثر على مقاومة العنصر فإن التفاوت المسموح به في كل وضع أسياخ التسليح الرئيسية (المخصصة لنقل الإجهادات العادية المؤثرة على قطاعات المستقيمة في العنصر : كمر ، بلاطة ، لوح ، قشرة ... إلخ) بالنسبة للوضع الموقع في الرسومات التنفيذية ، هذا التفاوت محدد بعشر (0.10) سمك الخرسانة الكلى في هذا الاتجاه ، بحد أقصى ١ سم للكمرات و 0.5 سم للبلاطات ، والأرواح ، والقشترات ... إلخ) .

٣) في الاتجاه العمودى على الساقية فالتفاوت المسموح به محدد بنصف (0.50) المسافة حتى أقرب سيخ تسليح (إذا وجد) بحد أقصى ١ سم في كل الحالات .

٣) التفاوت المسموح به في وضع التسليح العرضى : بالنسبة للتسليح العرضى العناصر المشورية مثل الإطارات والأساور (الكائنات) فالتفاوت المسموح به في وضع الأسياخ في الاتجاه الطولى بالنسبة للوضع الموقع في الرسومات التنفيذية محددة بعشر (0.10) المسافة بين أسياخ التسليح العرضى المتتال بحد أقصى ٢ سم .





## الفصل الأول

الملخص المنهجي الذي يجب اتباعه في ملاحظة  
تصدع المباني :

كيفية تحديد أسبابها ، وطرق تقييم نتائجها ، ودرجة أمانها  
الفعلية وتحديد الإصلاحات أو التدعيم المناسب والاختيار  
للحل الأمثل للإصلاح أو التدعيم وتعداد أهم طرق إصلاح  
التصدعات . والتي تلخص في التالي :

١) لقد أصبح ثابتاً بأن الحوادث الهندسية ووقوع العيوب  
والتصدعات هي ضريبة غالية تدفعها الإنسانية من أجل التقدم  
التقني ، فإذا تمت الاستفادة من هذه التجارب الفاشلة فإنها  
تصبح درساً مفيداً في العلوم الهندسية مستقبلاً ، حيث إن تطور  
العلوم والتقنية لا يتم إلا بالتحليل المتعمق للأخطاء والحوادث  
الحاصلة واستخلاص النتائج والدروس المفيدة التي تدفع عجلة  
التطور التقني للأمام باتجاه الأفضل .

ترتبط مسألة ظهور العيوب والتصدعات في المنشآت بشكل  
أساسي بعدة مميزات رئيسية يذكر منها أخطاء التصميم أو  
التنفيذ أو الاستمرار .

٢) ملاحظة التصدع : يتعرض المنشأ لسبب ما إلى  
تصدعات مختلفة قد تكون واضحة للعين أو غير واضحة ويتم  
ملاحظة التصدع من قبل مهندس متمرس في هذا المجال وعليه  
أن يحدد ماهية هذا التصدع ( أسبابه وتشخيصه ) ثم اتخاذ القرار  
للمناسب لإصلاح هذا التصدع ، وكيفية إصلاحه وأتمح الحلول  
المقترحة لذلك .

في بعض الحالات الخاصة تكون التصدعات غير واضحة تماماً  
للمهندس ، في هذه الحالة لا بد من وجود جهة خبيرة ومتمكنة  
في مجال المراقبة والتشخيص لاتخاذ الإجراء المناسب .

بناء على ما تقدم أصبح من الضروري فحص المنشآت من  
جهة خبيرة دورياً ومراقبتها وملاحظة التصدعات إن وجدت  
( وخاصة المنشآت ذات الأهمية الاقتصادية كالصناعات .. وكل  
المرافق الحيوية ) ونقترح هذه الفترات الدورية للمراقبة كل  
عشرة أعوام .

٣) تحديد أسباب التصدع : إن مسألة تحديد أسباب  
التصدعات تعتبر أكثر المراحل أهمية وتعقيداً ويجدر بالذكر أنه  
لا يمكن استخدام قواعد وأسس ثابتة تعتمد عليها في تحديد  
أسباب تصدعات المنشأ لكن لا بد من الاستفادة من الشروط  
المحلية للحالة المعالجة . فكل حالة تصدع لها خصائصها الذاتية  
التي يجب أن يتفهمها المهندس الإنشائي ومن ثم يستطيع أن  
يشخص طبيعة التصدع ووضع الحلول السليمة والمناسبة .

يوصى عادة عند قيام المهندس في تحديد أسباب التصدع  
استخدام مبدأ استبعاد الاحتمالات غير الممكنة بالتالي ، أي : توضع  
جميع الأسباب المحتملة للتصدع ثم يشرح بصورة منهجية بمحذف  
كل سبب منها غير محتمل وهكذا حتى يبقى سبب أو أكثر  
للتصدع .

يستطيع الخبير المتمرس واعتاداً على طبيعة الشقوق المتولدة  
في المنشأ المتصدع باستقراء هذه التصدعات أن يحدد أسبابها  
بدقة كافية .

يوصى عادة عند المشروع في تحديد أسباب التصدعات في  
منشأ اتباع الخطوات التالية :

أ) الامتحان المنهجي للمنشأ المتصدع وإنشاء مصور  
توضيحي للشقوق والتصدعات فيه .

ب) تتبع هبوط المنشأ وسلوكه والمنشآت المجاورة له .  
ج) جمع كل المعلومات الضرورية عن المنشأ المتصدع  
والمنشآت المجاورة له .

د) دراسة جميع المصورات والرسومات والوثائق التنفيذية  
للمنشأ المتصدع .

هـ) إجراء الاختبارات الضرورية عند مناسيب التأسيس  
وفي المناطق الحرجة .

٤) تقييم متانة المنشأ المتصدع ودرجة أمانه الفعلية :

يكون المنشأ عادة في الاستمرار عند ملاحظة علامات  
التصدع بموجب في المرحلة الأولى وبشكل فوري دراسة  
علامات التصدع من قبل جهة خبيرة متخصصة واتخاذ القرار  
بالسرعة القصوى حول إمكانية الاستمرار في استخدام المنشأ  
للتصدع بشكل عادي أو تقييد شروط الاستمرار ، أو إخلاء

أ) تجربة التحميل : وتجري للعناصر المعرضة للانحناء مثل ( البلاطات والكمرات .. ) المشكوك بها وتجري وفق الأصول الفنية المتبعة عملياً .

ب) الاختبارات المقلدة : وتتلخص بأخذ عينات من الخرسانة المتصلبة واختبارها حتى الكسر وتحديد المقاومة الفعلية للخرسانة المسلحة .

ج) الاختبارات الغير مقلدة : مثل النبضات فوق الصوتية والمطرقة الخرسانية .

وينوه بأن هذه التجارب للاستئناس وليست ملزمة لتحديد المقاومة ، وفي كل الحالات يبقى القرار النهائي للمهندس في قبول هذه العناصر .

#### ● تحديد الإصلاحات المطلوبة :

بناء على ما تقدم يمكن أن يصل المهندس إلى قرار فني بضرورة إجراء الإصلاح أو التمديع للبناء فالسؤال المطروح : كيف يتم اختيار أفضل حل للإصلاح ؟ يختار الحل المناسب بعد معرفة سبب التصدع وتقييم متانة المنشأ الفعلية واعتاداً على أولويات المتطلبات التالية : الأمان ، أو الاقتصاد ، أو المظهر حيث تختلف هذه من عنصر لآخر . تلخص احتمالات القرار الفني المتخذ كالاتي :

أ) التصدعات الحاصلة لا تشكل خطورة إنشائية : في هذه الحالة لا بد من وضع المنشأ تحت المراقبة لفترة محددة من الزمن لمعرفة هل التصدعات نشطة أم تتوقف أو وصلت لمرحلة الخمود .

إذا وصل المنشأ للدرجة الثبات وكانت التشققات غير معية فليس من الضروري في هذه الحالة إجراء عمليات صيانة أو تدعيم . أما إذا كانت التشققات معية ففي هذه الحالة لا بد من إصلاح هذه الشقوق وإزالة عيوبها .

ب) التصدعات الحاصلة غير خطرة في وضعها الراهن : في هذه الحالة إذا أثبتت المراقبة بأن التصدعات نشطة مع الزمن فيجب دراسة المسألة وتقرير الأمثل اقتصادياً : تدعيم المنشأ فوراً ، أو التريث لفترة محددة من الزمن ثم إجراء الإصلاح والتدعيم .

ج) التصدعات الحاصلة خطرة في وضعها الراهن : في هذه الحالة يتوجب دراسة كلفة حل التدعيم حيث يجب ألا تزيد عن ٥٠٪ من كلفة إعادة المنشأ أما إذا زادت الكلفة عن ٥٠٪ فيفضل هدم العناصر وإعادة بنائها إن لم يوجد مانع آخر . وينوه بأنه هنالك حالات عديدة يختار حل التدعيم مهما كانت كلفته وظيفي أو تنفيذي أو إجمالي ... إلخ .

للمنشأ إن لزم ، أو العمل على تدعيمه بشكل مؤقت .

أما في المرحلة الثانية فيتوجب تقييم متانة المنشأ المتصدع ودرجة أمانه الفعلية واتخاذ القرار المناسب إن كان يحتاج إلى تدعيم وتحديد الإصلاحات الواجبة لإزالة التصدعات .

تعد مسألة تقييم متانة المنشأ معضلة إنشائية تتطلب درجة عالية من الخبرة والحس الهندسي السليم ولا يمكن معالجتها بالتحقق الحسابي فقط ، إنما يتوجب أن يعتمد القرار المتخذ على فهم عميق لفلسفة أمان المنشأ تبعاً للدرجة أهميته .

واعتماداً على طبيعة التصدع يمكن للمهندس أن يقيم بشكل أولي درجة الخطورة للمنشأ المتصدع ، فلي سبيل المثال لا تعد أغلب التشققات الناجمة عن الأفعال غير المباشرة ( خاصة في المقاطع غير المخرجة ) خطرة ، إنما يتوجب إصلاحها ومنع حدوثها مرة ثانية .

وتعد التشققات الحاصلة عن التشطيب ( التكرس ) في الأعمدة أو الكمرات في قطاعاتها المخرجة ( خطرة جداً ، ويتوجب اتخاذ القرار المناسب بالسرعة القصوى لأنها تمثل حالة حد انهيار لهذه العناصر .

وعلى أي حال ، يكون المهندس الباحث هو صاحب القرار في تحديد درجة الخطورة في المنشأ المتصدع ، والسؤال المطروح : كيف يتم تقييم المتانة الفعلية لمنشأ ما متصدع ؟ يتم ذلك بإحدى الطرق التالية :

أ) طريقة النسب المحددة : تتلخص هذه الطريقة : بأنه عندما تنفذ العناصر الإنشائية وفقاً للتصميم ، وتكون المقاومة الفعلية لمادة الإنشاء ( وهي الخرسانة المسلحة ) أقل من المقاومة المطلوبة في التصميم فيمكن قبول نسبة معينة للنقص ، وتعد جميع العناصر التي تقل مقاومتها عن المطلوب بنسبة تزيد عن النسبة المحددة صعد غير مقبولة وتحتاج لإصلاح وتدعيم .

اعتاداً على الخبرة التراكمية تقترح النسب المتبعة التالية لانخفاض المقاومات للعناصر الإنشائية المسموح بها .

في العناصر الخاضعة للضغط ( الأعمدة أو الجدران الحاملة ) .. لا تزيد عن ١٥٪ في العناصر المعرضة للانحناء ( كمرات ، بلاطات ، وما شابه ) لا تزيد النسبة عن ٢٠٪ وعلى كل حال ، فيتوجب دائماً التحقق من درجة الأمان الفعلية للمنشأ المنفذ وبناء على ذلك تحدد النسب المسموحة لانخفاض مقاومات العنصر .

ب) الاختبارات اللازمة لتقييم متانة المنشأ :

يقوم المهندس عند تقييمه لمتانة المنشأ المشكوك به بمجملة من الاختبارات أهمها :

ويتوجب على المهندس دائماً اختيار الحل الأمثل للتدعيم ويتم ذلك كالآتي :

#### ٦) اختيار الحل الأمثل للإصلاح أو التدعيم :

يختار الحل الأمثل للإصلاح أو التدعيم بعد معرفة أفضليات متطلبات المنشأ وهي : الاقتصاد ، أو الوظيفة ، أو التنفيذ أو الجمال وتؤخذ بالحسبان العوامل الآتية :

— يجب أن يشتمل تكاليف الإصلاح : التكاليف اللازمة للتنفيذ والصيانة وفائدة كلفة الإصلاح الممكن تأجيله علماً بأنه يتوجب تنفيذ الإصلاح في الوقت المناسب لأن التأخير يزيد التكلفة.

— إذا كانت العيوب قليلة ومتفرقة فيتم الإصلاح لكل عيب على حدة ، أما إذا كانت العيوب كثيرة وعامة فيطلب الأمر إعادة نظر أساسية في التصميم ويجب أن يكون الإصلاح مزيجاً للعيب تماماً .

— التركيز على تأمين شروط الأمان والوظيفة والجمال وشروط الاستمرار في مرحلة التدعيم .

— عدم تغيير الدراسة الإنشائية للعناصر المدعمة وإن حصل التغيير لتحقيق من الدراسة الإنشائية الحديثة في مراحل التنفيذ والاستمرار .

— حساب التكلفة الدقيقة والتفصيلية لأعمال الترميم .

### الفصل الثاني

## تصدعات المنشآت خلال العشر سنوات الأخيرة بجمهورية مصر العربية

تلخيص : خلال العشر سنوات الأخيرة تلاحظ حدوث تصدعات وانهارات في المباني بنسبة مرتفعة ونتيجة لارتفاع أسعار مواد البناء والعمالة في العالم عامة وفي مصر خاصة فقد كان الاتجاه العالمي السائد الآن هو عمل الإصلاحات والترميمات اللازمة للمحافظة على حالة المنشآت القائمة وحمايتها من التلف وحيث إن أسعار الهدم وإعادة البناء تحتاج إلى تكاليف باهظة فإن الدراسات الآن تتجه نحو اختيار أنسب الطرق وأفضلها سواء من الناحية الاقتصادية أو الفنية للمحافظة على هذه المنشآت وعلاج التصدعات التي تحدث بها .

ومن أجل الوصول إلى أنسب طرق العلاج للمنشآت فقد وجب دراسة الأسباب الرئيسية لهذه الانهيارات حتى يمكن تجنبها وعمل الاحتياطات اللازمة لمنع ظهورها في المباني الحديثة الإنشاء .

وتعتبر الحرسانة المسلحة من أكثر مواد البناء شيوعاً وذلك لسهولة تشغيلها ومرونة تشكيلها بالإضافة إلى رخص سعرها النسبي . ونظراً لانتشار استخدامها وتنوع مستويات تصميم وتنفيذ المنشآت الحرسانية وطرق استخدامها فقد تعددت أنواع العيوب بها ولذلك فإن الغرض الأساسي من هذا البحث هو دراسة الأسباب الرئيسية لتصدعات المنشآت الحرسانية المسلحة وطرق علاج وتقوية هذه المنشآت وتحديد كفاءة الطرق المختلفة للعلاج والتقوية .

#### ٧) الأسباب الرئيسية لانهار أو تصدع المباني :

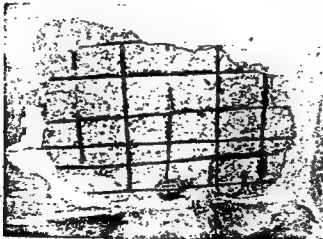
أ) انتهاء العمر الافتراضي للمنشأ مع عدم وجود صيانة له لمدة طويلة هذا بالإضافة إلى سوء استعمال السكان للمرافق الصحية وعدم صيانة أجهزة هذه المرافق ومعظم هذه المباني قد مضى على بنائها أكثر من ستين عاماً .

ب) التصدعات الناشئة عن حدوث هبوط متفاوت للتربة بسبب عدم دراسة خواص التربة والأساسات قبل إقامة المبنى - ويظهر هذا العيب في حوالي ٢٠٪ .

ج) عيوب في تنفيذ المنشأ سواء عند صب الميكل الحرساني كعدم الاهتمام بوضع حديد تسليح بطريقة سليمة طبقاً للأصول الفنية أو في أعمال التشطيبات مثل البلاط والسباكة وخلافه ومثال ذلك :

عدم عمل غطاء خرساني كاف لحديد التسليح في الأسقف والكمرات أثناء صب الحرسانة مما يتسبب عنه تآكل في حديد التسليح وذلك بسبب سقوط الغطاء الخرساني وظهور شبكة حديد التسليح وقد تآكل بالصدأ .

شكل بين سقوط غطاء السقف بسبب صدأ الحديد



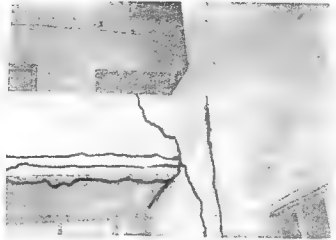
صحيحة كما في الشكل التالي وعند دراسة أسباب الانهيارات يتسرب المياه في الحوائط والخرسانات وجد أن ٤٥٪ من هذه الحالات تأثرت بارتفاع منسوب المياه الجوفية في الحائط وأرضيات الأدوار السفلى وأن ٤٥٪ تأثرت بزيادة الأمطار وحيث إن سقوط الأمطار نادر في مصر فإن الأسقف الشائعة الاستعمال من الأسقف المستوية . وغالباً ما يحدث تسرب المياه الأمطار بأسقف الأدوار العليا نتيجة لعدم عمل طبقات عازلة بالأسطح وكذلك عدم عمل الميول اللازمة بالأسطح بالإضافة إلى سوء وسائل الصرف . ومن الجدير بالذكر أن معظم العيوب الناتجة من مياه الأمطار مركزة في المباني الموجودة بالقرب من الساحل الشمالي للبلاد حيث تزداد كثافة الأمطار بالنسبة للمباني باقى أجزاء القطر المصرى .

رسم يبين عيوب في تنفيذ الأعمال الصحية والطبقات العازلة



— الشروع الناجمة عن تآكل حديد التسليح في أحد الكمرات وأحد الأعمدة على التوالى وتظهر الشروع في الكمرات في اتجاه موازى لحديد التسليح وذلك نتيجة لتكون طبقات من نواتج التآكل بالحديد فيزيد من الحجم بمقدار ٢,٢ مرة قدر حجم حديد التسليح الأصل مما يؤدي إلى حدوث ضغط على الخرسانة المحيطة بمعدل ١ طن / البوصة المربعة على الخرسانة المحيطة مسبباً تلك الشروع كما في الشكل التالي :

شروع ناجمة في كمرات مقبولة وعمود لتآكل حديد التسليح



— عيوب في تنفيذ الأعمال الصحية : وهذا العيب شائع في معظم المنشآت ويتسبب عن ذلك تسرب المياه في حوائط المباني والأسقف الخرسانية مما يسبب تآكلًا في حديد التسليح ونحراً في الخرسانة وبالتالي انهيارها ويمثل سوء التنفيذ في أعمال الصحن والسباكة وكذلك عدم انتظام الصيانة الدورية لها حوالى ٢٠٪ من حالات التسدعات .

وقد وجد أن العوامل التالية تؤثر تأثيراً مباشراً على معدل تآكل الخرسانة المسلحة بالمياه العذبة :

- درجة عذوبة المياه .
- حالة سكوت أو حركة المياه .
- كمية المياه المتسربة تحت ضغط .
- درجة حرارة المياه .
- كثافة الخرسانة .
- نوع الأسمنت .
- نوعية وحالة سطح الخرسانة .
- أبعاد وعمر الخرسانة .

— عدم اتباع المواصفات في تدرج الركام عند تصميم الخلطة الخرسانية ووجود زلط كبير الحجم يسبب فجوات بالخرسانة . وبالتالي يتسبب في صدأ حديد التسليح داخل الخرسانة . وقد ظهر هذا العيب في حوالى ١٢,٥٪ من حالات التسدعات .

سوء تنفيذ بعض العناصر الحاملة في الخرسانة المسلحة مثل الأعمدة والكمرات والأسقف والحوائط ويظهر هذا العيب في حوالى ٢٥٪ من حالات التسدعات وتظهر هذه العيوب نتيجة لعوامل مختلفة منها :

حدوث تسرب للرطوبة من خلال حوائط المباني والوحدات الخرسانية المسلحة أو الأرضيات يتسبب في حدوث نسبة كبيرة من الانهيار وقد وجد أن ٤٠٪ من حالات الانهيارات يكون سببها عدم استخدام طبقة عازلة أو استخدامها بطريقة غير

## انهيار سقف مخزن في منطقة ساحلية



- عدم تنفيذ وصلات التمدد بالحرساة تبعاً للأصول الفنية .
- عدم عمل كمرات لتوزيع حمل السقف على الحوائط عند البناء بنظام الحوائط الحاملة .
- عدم تقوية الحوائط المنشأة بالطوب عن طريق عمل أكثاف مبانى على مسافات متساوية تسبب انهيار بعض هذه الحوائط .

— في بعض الحالات النادرة : لم تنفذ إحدى العناصر الإنشائية الحاملة الموضحة في اللوحة الإنشائية .

— بعض العيوب البسيطة أثناء التنفيذ يمكن أن يتسبب في عيوب ضخمة بعد ذلك مثل عدم دمك التربة في الأدوار الأرضية قبل تبليط الأرضيات قد يسبب تكسر بلاط الأرضيات بعد تركيبه - ومثال آخر لذلك عند عدم عمل ميول بأرضيات الحمامات ودورات المياه قد يسبب تجمعاً للمياه وبالتالي تآكل في العناصر الجرسانية وفي أرضيات الحمامات .

( د ) بعض عيوب المبانى تكون نتيجة عدم مطابقة المواد المستخدمة للمواصفات القياسية ومثال ذلك استخدام أسمنت غير مطابق للمواصفات نتيجة لسوء التخزين في بعض الحالات فإذا تعرض الأسمنت لأى رطوبة فإن قوة الأسمنت تقل وبالتالي تقل قوة الحرساة .

كذلك عند استخدام حديد تسليح به صدأ فإن ذلك يحدث عازلاً ما بين الحرساة والحديد وبالتالي تقل قوة الالتصاق بينهما . وقد وجدت هذه العيوب في حالات قليلة ..

( هـ ) يحدث الانهيار المبكر للمنشآت الجرسانية عندما يكون المنشأ في منطقة ساحلية ولم يتخذ الاحتياطات اللازمة لصيانتته .

( و ) أخطاء في التصميم أو أحمال زائدة عن المسموح بها في تصميم المنشآت التي تم حصرها تحت هذا البند يمثل نسبة ضئيلة جداً .

### ( ٣ ) دراسة إحصائية للمنشآت التي تصدعت تبعاً لسنة الإنشاء .

وقد تم ترتيب هذه المنشآت تبعاً لتاريخ إنشائها وتم تقسيمها إلى خمس مجموعات . المجموعة الأولى تمثل تلك المبانى المنشأة قبل سنة ١٩٥٠ والثلاث مجموعات التالية تمثل ثلاث عقود من الزمان من سنة ١٩٥١ إلى سنة ١٩٨٠ والمجموعات الأخيرة تمثل تلك المنشأة بعد سنة ١٩٨٠ وبعضهم لا زال تحت الإنشاء .

والجدول التالى يوضح النسب المئوية لأسباب التصدعات بالمبانى طبقاً لسنة الإنشاء مع ملاحظة أنه في بعض الحالات يوجد أكثر من عامل لحدوث التصدعات ( هذه النسب مأخوذة من معهد أبحاث البناء )

| سنة الإنشاء<br>سبب التصدع | قبل ١٩٥٠ | ١٩٥٠-١٩٦٠ | ١٩٦٠/٦٠ | ٨٠/٧٠ | بعد ١٩٨٠ |
|---------------------------|----------|-----------|---------|-------|----------|
| عامل الزمن                | ١٠٠٪     | ٢٥٪       | ٦٧٪     | —     | —        |
| عدم صيانة المبنى          | ٥٠٪      | ٦٢,٥٪     | ٢٢٪     | ٤٤٪   | ١٧٪      |
| والأعمال الصحية           | —        | ٢٥٪       | ٢٢٪     | ٦٠,٩٪ | ٨٣٪      |
| سوء التنفيذ               | —        | —         | —       | —     | —        |
| عدم دراسة خواص التربة     | —        | ٢٧,٥٪     | ٤٧٪     | ٢١,٧٪ | ٨٪       |
| والأساسات                 | —        | —         | ١٢٪     | ٤٪    | —        |
| تصميم                     | —        | —         | —       | —     | —        |

كما يجب ترميم العيوب الناتجة عن تسرب المياه بالخرسانات والمباني .

**تسرب مياه الصرف الصحي والمجارى :** داخل حوائط المباني والأسقف والكمرات الخرسانية المسلحة يتسبب في تآكل الخرسانة بمعدل سريع نتيجة لوجود الكلوريدات والأملاح بنسب مرتفعة بها . ولذلك فإن صيانة المنشآت الممرضة لمياه الصرف والمجارى تحتاج إلى إصلاح الأسباب الرئيسية للتسرب ثم عمل طبقات عازلة مناسبة بحيث لا تتأثر بمياه المجارى . ويتم بعد ذلك ترميم التصدعات التي تحدث في الخرسانات .

— أما بالنسبة للمياه الجوفية فإنها تسبب تآكل في خرسانة الأساسات والأدوار السفلى للمنشآت خاصة تلك التي تحتوي على أملاح وأحماض مما تسرع من عملية التآكل . لذلك فإنه يجب تحليل المياه الجوفية قبل اقتراح طريقة العلاج حتى يمكن استخدام مواد مقاومة لتلك الأملاح في العلاج للحفاظ على الخرسانات بعد علاجها وعدم تأكلها وقد وجد أن نسبة المواد المهاجمة للخرسانات في المياه الجوفية تؤثر على معدل تآكل الخرسانات .

— كذلك فإنه لعمل علاج سليم لمشكلة تسرب المياه . يجب دراسة نوع المياه للتسبب في هذا التآكل من حيث التحليل الكيماوى ودرجة تركيز الأملاح بها ودرجة حرارة البيئة المحيطة وكذلك مدى تحرك هذه المياه أو سكوتها فإن لسرعة تسربها تأثير مباشر على معدل التآكل . ولإختيار طرق الوقاية الفعالة فإنه يختار نوع الخرسانة المناسب وذلك بالعناية بتصميم الخلطة الخرسانية وإختيار نسبة الأسمتت بها وحجم الركام المناسب وكذلك نسبة مياه الخلط وعمل دمك أثناء عملية الصب — كما أنه يمكن استخدام أنواع خاصة من الخرسانات مثل استخدام الخرسانة الأيوكسية المقاومة للأحماض .

ويوجد عدة طرق لمقاومة تآكل الخرسانات من تسرب المياه ومعالجة هذا التآكل وأهم الطرق المعروفة والمستخدمة هي :

— معالجة الأسطح الخرسانية وذلك عن طريق ترسيب مادة مقاومة للتآكل على سطح الخرسانة أو عمل دهانات للأسطح الخرسانية باستخدام البيتومين أو القار أو دهانات الزيت أو المواد الراتنجية أو البلاستيك .

— المعالجة باستخدام الأسمتت أو السيليكا بملء الفراغات الموجودة بالخرسانة أو عمل حقن للخرسانة بالبيتومين مثلاً .

— استخدام تكمسات من الحجارة الطبيعية أو بلاط السواميك .

— استخدام إضافات للخرسانة من المواد البلاستيكية والمطاط .

**طرق العلاج الميعة :** يجب عمل صيانة دورية للمنشآت الخرسانية حتى تضمن إمكانية استغلالها لأطول فترة ممكنة والاستفادة منها . والمقصود بالصيانة الدورية هنا هو المحافظة على جميع عناصر المنشأ سواء كانت هذه العناصر خرسانية أو غير خرسانية . حيث إن عناصر المنشأ الأخرى يمكن أن تؤثر على الخرسانة تأثيراً مباشراً مثل سقوط البياض نتيجة لأمواج التعرية من الأمطار ورياح ورطوبة خاصة في البلاد الساحلية . أو حدوث تسرب للمياه سواء مياه عذبة أو مياه مجارى وصرف صحي أو مياه جوفية .

وطريقة علاج المياه يتوقف على نوع المياه للتسرب وعلى نوع الخرسانات إذا كانت في الأساسات أو في إحدى عناصر الحاملة الأخرى بالمنشأ أو في الأسقف حتى يمكن إختيار المادة المناسبة للعلاج .

كما أنه يجب مراعاة ظهور أى شروخ في المنشأ ومعرفة سبب ظهورها حيث إن طريقة علاج الشروخ تتوقف على معرفة السبب الرئيسى لظهورها حتى يمكن تقادى هذا السبب ثم علاج الشروخ للتأكد من عدم ظهورها مرة أخرى . ومن الجدير بالذكر أنه يجب دراسة خواص المواد المستخدمة في علاج الشروخ قبل استعمالها للتأكد من صلاحيتها ويكون ذلك عن طريق إجراء بعض التجارب المعملية على هذه المواد وتحديد خواصها والتأكد من أن المنشأ قادر على مقاومة الأحمال المعرض لها دون حدوث أى شروخ أو عيوب جملدية في الخرسانات بعد العلاج .

وفىما على شرح لبعض طرق العلاج المتبعة في حالة تسرب المياه في المنشآت وكذلك في حالة ظهور شروخ بها :

**أ) علاج المنشآت الخرسانية من التآكل بسبب تسرب المياه :** يجب التأكد من عدم تسرب المياه للخرسانات سواء كانت تلك المياه عذبة نتيجة تسرب مواسير الأعمال الصحية داخل الحوائط أو مياه مجارى نتيجة تسرب مواسير أعمال الصرف الصحي في المنشآت أو كانت تلك المياه مياه جوفية قد تؤثر على أساسات المنشآت أو مياه البحر في المناطق الساحلية ولكل سبب من هذه الأسباب طرق العلاج الخاصة به .

**تسرب مياه الشرب :** من خلال المواسير داخل المباني قد يحدث تآكل بالخرسانات وكذلك بالحوائط الماني ، وقد تلاحظ وجود العيب في كثير من المنشآت التي تم دراسة أسباب ظهور التصدعات بها ، ويمكن صيانة هذه المنشآت عن طريق إصلاح السبب الرئيسى للتسرب وذلك بتغيير المواسير التالفة وإحكام الوصلات وعمل طبقات عازلة بطريقة صحيحة مع إختيار المواد المناسبة للعزل للتأكد من عدم تسرب المياه وتآكل الخرسانة ،

(هـ) تشققات بسبب مشكلات فى التربة .  
وستقسم المبنى الى : الشروع الى قسمين وهما المبنى  
الجاهزة والمبنى العامة :

أولاً : المبنى الجاهزة : وقبل أن نتكلم عن الشروع فى  
المبنى الجاهزة سنتلى الضوء على ماهية المبنى الجاهزة إجمالاً .  
مكونات المبنى الإنشائية :

(أ) الأساسات : وتختلف أنواعها طبقاً لنوع التربة المطلوب  
التأسيس عليها ، وكذلك نوع الأحمال الواقعة على التربة ،  
ويوجد هنا شرط أساسى أنه غير مسموح بحلوث هبوط غير  
متساوى يؤثر على سلامة المبنى .

(ب) الحوائط : تنقسم الحوائط إلى ثلاثة أقسام هى :  
— حوائط حاملة خارجية ( عبارة عن جزء حامل + جزء  
عازل للحرارة ) .

بـ حوائط حاملة داخلية .  
— حوائط غير حاملة ( قواطع ) .

وتحجر الحوائط الخارجية والداخلية هى العناصر الرئيسية فى  
مقاومة جميع القوى والأحمال التى تقع على المبنى وتتولى كذلك  
وظيفة نقلها حتى منسوب الأساسات .

(جـ) البلاطات : تقوم البلاطات بوظيفة التغطية بالمبنى  
وكذلك نقل الأحمال الرأسية والأفقية إلى الحوائط ، لذا يشترط  
أن تكون بالقدر الكافى لتقوم بوظيفتها مع عدم حدوث ترسيم  
فى البلاطات نفسها .

(د) السلم : تنقسم عناصر السلم إلى قليات (stair)  
flight وبسطات (landing) وتكون وظيفتها الإنشائية نقل  
الأحمال بجميع أنواعها الواقعة عليها إلى الحوائط الحاملة .

(هـ) القواطع الخاصة : وهى تشمل جميع أنواع القطع الخاصة  
( وهى القطع التى لم تذكر فى البنود السابقة ) مثل درولى  
السطح والبيكونات وكذلك درولى السلم .

ويطلب الأمر أن تكون قوية بالقدر الكافى حتى تؤدى  
وظيفتها المعمارية كذلك لنقل الأحمال الواقعة كلها إلى أقرب  
بلاطة أو حائط حمل .

(و) الوصلات : وهى تشمل الوصلات بين الأجزاء  
وبعضها وهى إما خرسانية مسلحة أو قطاعات حديد تشكل  
وتلحم ببعضها .

(أ) الأحمال الرأسية : Vertical load وهى تنقسم إلى :  
(أ) أحمال ميتة ناتجة عن وزن عناصر المبنى الخرسانية dead  
load .

— عمل عازل للمياه المتسربة للخرسانة وذلك عن طريق  
استخدام مواد بيئومية أو ألواح معدنية ، بلاستيك ، استخدام  
مطاط طبيعى أو صناعى أو استخدام خرسانة بولومرية أو مونة  
أستمية مضاف إليها بعض الإضافات الصناعية .

## الفصل الثالث

### أنواع الشروع

أولاً : شقوق قبل التصلد :

- (١) أضرار التجمد المبكر .
- (٢) خاصية لدونة الخرسانة .
- (أ) انكماش الخرسانة وهى لدنة .
- (ب) هبوط الخرسانة وهى لدنة .
- (٣) حركة خارجية أثناء التنفيذ .
- (أ) حركة الشدة .
- (ب) حركة التربة السفلية .

ثانياً : شقوق بعد التصلد :

- (١) فيزيائى :  
(أ) ركام قابل للانكماش .
- (ب) انكماش ناتج عن الجفاف .
- (جـ) تشققات شبكية .

(٢) حرارى :

- (أ) تعاقب التجمد والذوبان .
- (ب) التغيرات الموسمية فى درجة حرارة الجو .
- (جـ) التقلص الحرارى المبكر .
- (١) إعاقة خارجية للحركة .
- (٢) فرق فى درجة الحرارة بين سطح الخرسانة وداخلها .

(٣) كيميائى :

- (أ) صيداً وتأكل التسليح .
- (ب) تفاعل قلوى للركام .
- (جـ) كربنة الأسمنت .

(٤) إنشائى :

(أ) أحمال زائدة ( مؤقته وضعت لأسباب عارضة كالترسيم  
مثلاً ) .

(ب) عدم مراعاة الزحف ( فى الخرسانة سابقة الإجهاد على  
وجه الخصوص ) .

(جـ) أحمال التصميم غير صحيحة .

(د) تنفيذية ( نوعية سيئة للخرسانة ، عدم العناية بوضع  
التسليح ووصلاته .. إلخ ) .

الماء على سطح الخرسانة .

وشروع الانكماش اللدن عادة ما تكون قصيرة وسطحية وتظهر في اتجاهين عكسين في آن واحد وفي حالة عناصر المنشآت سابقة التجهيز التي تصنع في أماكن مغلقة وتعالج جيداً فلا يخشى من خطورة شروع الانكماش اللدن لصغرها .

( جـ ) شروع الانكماش الحرارى :

يتولد أثناء الشك والتصلد المبكر حرارة ناتجة من التفاعل الكيميائى بين الماء والأسمنت وغالباً ما تعالج العناصر سابقة التجهيز بالبخار *Steam Curing* وتلك المعالجة الحرارية تولد كمية كبيرة من الحرارة خلال الخرسانة ، وعندما تبرد الخرسانة وتنكمش تبدأ الإجهادات الحرارية في الظهور وهو خاصة إذا كان العنصر الخرساني محكوماً وإذا كان التبريد غير منظم خلال العنصر ( مثال ذلك الكمرات سابقة الصب والفلنشات أو ذات التخانات المتغيرة ) ، وقد يحدث إجهاد الشد الحرارى شروخاً دقيقة جداً بقر أن يكون لها أهمية إنشائية ولكن ذلك يخلق أسطحاً ضعيفة داخل الخرسانة ، كما أن انكماش الجفاف العادى يؤدى إلى توسيع هذه الشروع بعد ربط العناصر سابقة التجهيز .

( د ) شروع انكماش الجفاف :

#### Drying Shrinkage Cracking

وهذا النوع من الشروع يحدث عندما تقابل العناصر القصيرة ذات التسليح القليل حواجز تعيقها ( كما في حالة اتصال كورنيشة ذات ثخانة صغيرة بطلاحة شرفة ذات ثخانة كبيرة ) ، وفي الكمرات سابقة التجهيز فإن خرسانة الأطراف المفصلة تصب في مجارى من وصلات متصلة سابقة الصب ( كقالب ) ، ونظراً لضيق هذه المجارى نسبياً فإنها تحتاج إلى كمية مياه عالية نسبياً لتسهيل عملية الصب ، وتحدث في الفواصل الرأسية غالباً شروخاً دقيقة نتيجة الانكماش .

( هـ ) فروق الإجهاد الحرارية :

#### Differential Thermal Strain

إن أسلوب الإنشاء في المنشآت سابقة التجهيز يساعد على التأثر باختلاف درجة الحرارة لاختلاف الطقس الطبيعى أو نتيجة التسخين *steam curing* .

ولذا تظهر الشروع في البحور المحصورة *sandwich panels* عندما يكون اتصال وجهها بالمنشأ متبناً .

كما أن الحرارة المفاجئة لها تأثير حرارى آخر حيث يولد الارتفاع المفاجئ في درجة الحرارة سلسلة من الشروع ، فإذا كانت الطبقة الخارجية للبحر المحصور قليلة السمك ( ٣ سم مثلاً ) فإن حدوث هذا التهييم يكون أكثر احتمالاً .

( ٢ ) أحمال حية وهى :

— أحمال ناتجة عن وزن القواطع .

— أحمال ناتجة عن مواد التشطيب *finishing load* .

— أحمال ناتجة عن استخدام المبنى *live load* .

( ب ) القوى الأفقية : وهى القوى الناتجة عن تأثير الريح (*wind*) طبقاً للمواصفات القياسية المصرية .

( جـ ) قوى إضافية : هذه القوى تنتج عن ظروف خاصة بكل مبنى وكل منطقة كمثال :

— القوى الناتجة عن اختلاف درجات الحرارة داخل المبنى وخارجه .

— القوى الناتجة عن حدوث بعض الميوط الغير متساوى ( المسموح به ) .

— القوى الناتجة عن عدم تطابق مركز ثقل عزم القصور الذاتي للعناصر القوية للمبنى مع مركز تأثير القوى الأفقية (*twisting moment*) .

— تأثير الزلازل .

— القوى الناتجة عن عدم رأسية تسلسل انتقال القوى الرأسية .

### الشروع الخرسانية للمباني الجاهزة

أولاً - أنواع الشروع :

تحدث الشروع الخرسانية لأسباب مختلفة ، وقد تكون هذه الشروع على درجة من الخطورة ، وسوف نقوم فيما على بتصنيف الشروع حسب مسبباتها تصنيفاً يسرى على المنشآت التى تصب في المواقع أو سابقة الصب وسوف نركز بالتحديد على خطورة الشروع في خرسانة المنشآت سابقة التجهيز .

١ - شروع غير إنشائية ( لأسباب غير إنشائية ) :

( أ ) الميوط أثناء الصب وأثناء التصلد :

قد تعوق أسباب الحديد ووصلات الشدات حركة الخرسانة حلجة الصب عندما تبدأ في التصلد ، كما توقعها أيضاً أثناء الصب والمز ويترتب عن ذلك شروع قد تصل في بعض الحالات إلى التسليح وتصبح خطورة ولكن غالباً ما تكون هذه الشروع صغيرة وسطحية .

( ب ) شروع الانكماش اللدن :

وتحدث نتيجة التبخر السريع للماء من سطح الخرسانة وهى لدنة أثناء تصلدها ، وهذا التبخر السريع يتوقف على عوامل كثيرة أهمها درجة الحرارة وسرعة الريح ، كما أن جفاف الريح وأشعة الشمس المباشرة تجعل معدل التبخر أعلى من معدل طفو



أكثر من العناصر المكونة له ويحدد النتائج سوف يفسر الشروع ويؤدي لسقوط أجزاء الخرسانة المتهدمة .

وقد يظهر خلال كيميائياً نتيجة اختيار نوعية حبيبات ( زلط ) غير ملائمة ، فإن التتبعات والمخبر التي تظهر بالسطح الخرساني تعني أن الحبيبات المزلولة تفتت .

### ٣ - الشروع الإنشائية :

تعرض الخرسانة المسلحة لإجهادات الشد عند تحميل المنشأ ، ولذلك تحدث شروخ في الكمرات ( وهذا طبيعي ) في الجانب المرض للشد تحت تأثير عزم الانحناء .

إذا كان التسليح المستخدم موزعاً بالشكل الملام ( تفريد الحديد ) وكانت الخرسانة جيدة النوعية فإن هذه الشروخ تكون دقيقة بالقدر الكافي لتجنب تآكل الحديد .

وعموماً تعتبر هذه الشروخ مقبولة إذا كان سمكها ٢,٥ مم ( أو ) ٣ مم في حالات قاسية مثل المنشآت المتاخمة لساحل البحر ) وقد أثبت التجارب أن التآكل والصدأ يتزايد بسرعة فقط عندما يزيد سمك الشروخ عن ٤,٥ مم .

وقد تظهر بعض الشروخ نتيجة إجهادات القص وإن كانت نادرة وتكون شروخاً قطرية ( مائلة ) في اتجاه أسياخ التسليح ( التشكيج ) وتحدث بسبب عيوب في ترابط أسياخ الحديد ذات القطر الكبير مع الخرسانة خاصة إذا كان خطأ الحديد قليل السمك أو إذا كان جنس الأسياخ قصير مما يؤدي إلى ضعف الربط بين أسياخ الحديد والخرسانة وإذا كانت هذه الشروخ مقبولة في الحدود المسموح بها وتشير إلى سلوك طبيعي للمنشأ فلا خطر منها ولكن في بعض الحالات تكون هذه الشروخ ظاهرة بدرجة تشكل خطراً مثل :

— شروخ عزم الانحناء أو القص التي يزداد اتساعها بصفة مستمرة .

— شروخ تحدث في أجزاء الخرسانة المعرضة للضغط وهذا يبين إلى أن هناك سلوكاً غير عادي يحدث في المنشأ .

— تفتت الخرسانة في مناطق الضغط ( الأعمدة أو الكمرات أو البلاطات في الجانب المرض للضغط ) وهذه الحالة من أقصى درجات الخطورة بالمنشأ .

وعند حدوث مثل هذه الأنواع من الشروخ فقد يكون من الضروري عمل تدعيم للمنشأ ونزال الأحمال فوراً وبعد ذلك تدرس أساس ومصدر الخلل بالمنشأ وتبدأ في حل مشكلة تقوية المنشأ وكيفية معالجة الشروخ إذ يكون ذلك هو الاعتبار الوحيد أماناً .

وقد يكون سبب الخلل زيادة في الأحمال على المنشأ أو

وتحدث الشروع أيضاً إذا حدث اختلاف كبير في درجة الحرارة بين وجهي بلاطة أو كمر ، وهذا التأثير نادر الحدوث في المنشآت السكنية ، ولكن قد يحدث في منشآت معينة مثل حوائط الخزانات وفي حالات خاصة عندما يكون السائل المخزون داخل الخزان ساخناً أو بارداً جداً .

كما تحدث إجهادات بالمنشأ نتيجة اختلاف درجة الحرارة بين أجزائه المختلفة ، فإن أطراف الواجهة مثلاً تتعرض لأشعة الشمس المباشرة فتتمدد بينما تظل درجة حرارة باقي المنشأ منخفضة فينتج عن ذلك ظهور شروخ قطرية من الزوايا في أرضيات المنشآت الطويلة جداً أو الممتدة جداً ، وهناك أنواع أخرى من الشروع قد تحدث تحت هذا التأثير وبخاصة مع حدوث الضوضاء والاهتزازات وتقلل الشروع الناتجة من الانكماش ورفق درجات الحرارة من متانة المنشأ وهذا يعني أن الإجهادات لا تتزايد بعد حدوث الشروع .

### ٢ - شروح نتيجة التآكل :

هناك نوعان رئيسيان من العيوب تساعد على تزايد تأثير عوامل التعرية على المنشأ الخرساني .

#### ( أ ) تآكل حديد التسليح :

ينمو الصدأ ويتزايد حول حديد التسليح منتجاً شروخاً بامتداد طوله وقد يؤدي ذلك لسقوط الخرسانة كاشفة حديد التسليح ( مثل سقوط غطاء الحديد من السطح السفلي للأ سقف الخرسانية ) وتساعد كلوريدات الكالسيوم المتواجدة بالخرسانة على ظهور هذا العيب ( في بعض الحالات يضاف للخلطة الخرسانية إضافات بها كلوريدات كالسيوم بهدف إسرار الشك ) كما تساعد الرطوبة في الجو والمسامية العالية بالخرسانة على ظهور هذا العيب أيضاً .

كما أن الرطوبة المتشبعة بالأملح على الحدود الساحلية تحمل بها كلوريد الكالسيوم وبالتالي فإن خطورة تآكل الحديد تصبح كبيرة في هذه الحالة .

إن شروح تآكل الحديد خطيرة على عمر المنشأ وتحمله حيث إنها تقلل مساحة الحديد في القطاع الخرساني وهذه الظاهرة خطيرة بصفة خاصة في الخرسانة سابقة الإجهاد ، فقد تسبب نوعات التآكل الصغيرة في انهيار الأعصاب والأوتار سابقة الإجهاد .

#### ( ب ) نحر الخرسانة :

هناك تفاعلات كيميائية تؤدي إلى تفتك الخرسانة ، والحالة الأكثر شيوعاً هي تكوين الـ Ettringite نتيجة اتحاد الكبريت مع ألومينات الأسمنت في وجود الماء ، والملح الناتج ذات حجم

لتحصل على القوة الحقيقية للوصلات في حالة الاستخدام الفعل لها .

عند تصميم البلاطات والوصلات المحصورة (Sandwich panels) فمن الأفضل أن يطلق أحد أطرافها حراً لتفادي إجهادات الفروق الحرارية .

ويجب أن يصمم حديد التسليح ويختار تفريده بطريقة تجعل اتساع الشروخ غير خطير وغالباً ما يكون وضع حديد إضافي غير المحسوب إنشائياً ضرورياً ( مثل حديد التسليح القطري « المكسح » ويكون عمودياً على اتجاه الشروخ المتوقعة في زوايا المبنى .

وعموماً فإن التصميم الجيد والتنفيذ الجيد يعطينا أفضل تحكم في الشروخ .

وتعالج الشروخ الشعرية الغير إنشائية ( مثل شروخ الانكماش اللدن ) بتنظيف السطح بالفرش السلك ثم دهن الشروخ بطبقات برودة حتى أصبحت لاصقة ، وإذا كانت الخرسانة ظاهرة وتعمل كحليات فمن المفيد استخدام طبقات عازلة زعفرية وإن كان من غير الممكن عملياً محاولة الاحتفاظ بمظهر الخرسانة الأولى قبل الدهان فضلاً عن تكاليف الباهظة .

وعندما تكون الشروخ الشعرية عميقة وعمودية على اتجاه قوى الضغط في المنشأ فمن الضروري حقن هذه الشروخ بعناية باستخدام المنتجات التي تتصلب حرارياً - Thermohardening Resins كما سيأتي شرحه فيما بعد ، ومن الضروري إذا اختير منتج منخفض اللزوجة .

#### ( بـ ) الشروخ العريضة :

عندما يكون عرض الشرخ كبيراً وعميقاً داخل الخرسانة بحيث يصل للتسليح فيجب معالجتها لتجنب تآكل الحديد أما إذا حدث هذا التآكل في الحديد فعلاً فيجب إزالة الغطاء الخرساني المغلف للحديد ثم تنظيف أسياخ الحديد واستبدال الغطاء الخرساني الزوال بخرسانة جيدة كغطاء للحديد ( من المهم في هذه الحالة استخدام الراتنجات الغروية اللاصقة وشبك الحديد الممدد والترميم بخرسانة عالية القوة بالدفع بالهواء مستخدمين مدفع الأنسخت ( Cement gun ) .

والشروخ الناتجة عن تمدد الخرسانة غالباً ما تتميز باحتوائها على نسبة كبريتات عالية وقد يكون من الضروري في هذه الحالة إزالة الخرسانة الملية وتغييرها .

ولإذا كانت الشروخ ناتجة عن أسباب ميكانيكية ( مثل زيادة الأحمال أو بقع التسليح أو استخدام خرسانة فقيرة أو هبوط التربة فيجب أن نتأكد من السيطرة على هذه الأسباب قبل البدء

التسليح غير كافٍ أو نوعية الخرسانة رديئة أو هبوط في التربة .. إلخ .

ونحن لا نضع في الاعتبار هنا التشخيص أو الشروخ الكبيرة الناتجة عن سوء الصنع .

### ثانياً - صيانة وترميم المنشآت :

#### ١ - مراقبة الشروخ :

يجب ملاحظة الشروخ عندما تظهر بالمنشأ الخرساني فيجب اختيار السلك والطول وعمق الشرخ ( أي هل يمتد الشرخ مباشرة خلال الجزء الخرساني ) .

ومن المهم ملاحظة ما إذا كان الشرخ يتسع بمرور الوقت أم لا ؛ وهناك طرق كثيرة تستخدم للراسة ذلك ( مثل استخدام بقم الجبس فوق الشروخ ومتابعة خلوث الشرخ في الجبس أو باستخدام جهاز يقيس العرض بين كرتين من الحديد مثبتان على جانبي الشرخ ) .

يجب قياس تشويه أو انحناء عناصر المنشأ التي تحدث الشروخ الإنشائية باستخدام نقط المناسب المعروفة كمرجع للقياس ( من الضروري معرفة المبوط النهائي للأساسات ) .

بالملاحظة وأخذ القرارات المختلفة سوف نتقودنا لمعرفة نوع الشروخ من حيث أسبابها . وغالباً ما تؤثر عدة أسباب في وقت واحد ( الانكماش واختلاف درجات الحرارة غالباً تؤثر بنفس الأسلوب ) .

من الممكن الآن اقتراح طريقة للعلاج ( الترميم ) لتقوية المنشأ مثلاً أو الحقن للشروخ .. وهكذا .

#### ٢ - معالجة الشروخ وترميم المنشأ :

( أ ) الشروخ الشعرية الغير إنشائية ( الناتجة عن أسباب غير إنشائية ) :

من المفروض في هذه الحالة أن الخرسانة جيدة النوعية وأن الشروخ دقيقة ولا تمثل خطورة على استمرارية تحمل التسليح . فإذا تم معالجة الشروخ وكانت ناتجة عن سلوك طبيعي للمبنى كما في حالة الوصلات بين الوحدات سابقة الصب فعلى المصمم أن يأخذ هذه الشروخ في الاعتبار وخاصة الوصلات الرأسية والأفقية بوجه المبنى فيجب معالجتها بعناية لتجنب الأضرار التي تتجلب عن هذه الشروخ ( مثل تسرب المياه خلال هذه الشروخ ) .

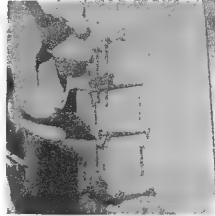
وبالتالي يجب أن نتوقع ذلك في كسوات الحوائط الداخلية وعادة يتم إجراء اختبارات معملياً على وصلات مشروخة

في ترميم المبني خاصة إذا كانت هذه الشروخ مستمرة في الزيادة .

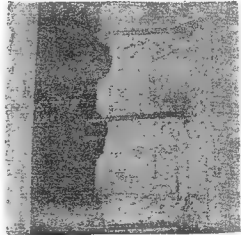
فقد يكون من الضروري إزالة وتغيير الخرسانة المعيبة لتضيق طبقة من الخرسانة الجديدة على بلاطة مثلاً ( ربط الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة ) نحصل عليه باستخدام طبقة دهان خاصة من مادة غروية مطاطة Styrene Butadiene Latex أو باستخدام إيبوكسي لاصق Epoxyde Glues .

وقد يكون من الضروري وضع أسياخ حديد تسليح إضافي في مجارى أو ثقوب محفورة لها في الخرسانة القديمة ( يزرع الحديد باستخدام مونة أيوكسية لاصقة ) كما قد يلزم لصق ( باستخدام الأيوكسي الغروي ) ( Epoxyde - Glues ) مع وضع ألواح حديد على الوجه السفلى أو الجانبي للعنصر الخرساني ، وعندما تقرر حقن الشروخ فيجب العناية باختيار المنتج اللزج الذي ستستخدمه وفقاً لترتيب وتوزيع الشروخ ووفقاً لنتائج عملية الحقن .

إذا كانت الشروخ نشطة ويتغير عرضها نتيجة التأثيرات الحرارية فلا بد أن نتأكد من عدم ظهور تأثير إجهادات الشد وشروخ جديدة بعد ملء الشروخ ، وكما شرحنا سابقاً فإن الشروخ تقلل من الصلابة وبالتالي تتأثر الإجهادات الناتجة عن تشويه الأبعاد الهندسية بالحرارة ، فإذا تم ملء الشروخ بمنتج صلب فإن ذلك يؤدي إلى ظهور الشروخ مرة أخرى في مرحلة التصلد الأولية ، ولذلك وجب ملء الشروخ بالمواد الراتنجية المرنة أو تخليق فواصل تمدد .



طريقة الفخريم لتثبيت الاشايين بالخرسانة القديمة بمادة الايبوكسي



منظر الاشايين بعد تثبيتها بربطها بالحديد لصب خرسانة جديدة بجوار القديمة

## الفصل الرابع

### أولاً

#### تصنيف الشروع الذاتية في الخرسانة المسلحة

#### جدول يبين تصنيفاً مبسطاً للأنواع الرئيسية للشروع

| نوع أو سبب التشقق        | الهيكل الخرساني | تقسيم فرعي                  | أكثر المواقع شيوعاً     | السبب الرئيسي                              | عوامل لاثوية     | العلاج   | لمزيد التفاصيل انظر البند | زمن ظهور التشققات           |
|--------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------------|--|------------------|--|---------------------------|-----------------------------|
| انكماش الخرسانة وهي لدنة | أ               | مائلة قطرية                 | الطرق والبلاطات الأرضية | جفاف سريع                                  | معدل الزحف منخفض | العناية والاهتمام بالمعالجة المبكرة                    | رقم (١)                   | من ٣٠ دقيقة إلى ٦ ساعات     |
|                          | ب               | عشوائية                     | بلاطات خرسانية مسلحة    | ميكرو                                      |                  |  |                           |                             |
|                          | ج               | فوق التسليح                 | بلاطات خرسانية مسلحة    | مثل سابقه + قرب التسليح من السطح           |                  |  |                           |                             |
| هبوط الخرسانة وهي لدنة   | د               | فوق التسليح                 | القطاعات العميقة        | نزف زائد                                   | جفاف ميكرو وسريع | تقليل الزحف أو إعادة الدمك                             | رقم (٢)                   | من ١٠ دقائق إلى ٦ ساعات     |
|                          | هـ              | مقوسة                       | أعلا الأعمدة            |  |                  |  |                           |                             |
|                          | و               | عند التغير في المق          | بلاطات ذات أعصاب        |  |                  |  |                           |                             |
| تقلص حراري ميكرو         | ز               | سبب الإعاقة الخارجية للحركة | جدران سميكة             | تولد حرارة إمامة زائدة                     | برودة سريعة      | تقليل الحرارة المتولدة من الإمامة و / أو استعمال العزل | رقم (٣)                   | من يوم إلى أسبوعين أو ثلاثة |
|                          | ح               | سبب الإعاقة الداخلية للحركة | بلاطات سميكة            | فرق كبير في درجة الحرارة بين السطح والباطن |                  |  |                           |                             |

| نوع أو سبب التعلق                | المرض الحار الظاهر | تقسيم فرعي                         | أكثر المواقع شيوعاً       | السبب الرئيسي                  | عوامل ثانوية   | المعالجة                                      | لمزيد التفاصيل انظر البند | زمن ظهور التشخيصات                       |
|----------------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|--|---|---------------------------|--|
| انكماش ناتج عن الجفاف طويل الأمد | ط                  |                                    | بلاطات وجدران صغيرة السمك | فواصل غير فعالة                | انكماش زائد ومعالجة غير فعالة                            | تقليل كمية الماء في الخلطة والعناية بالمعالجة | رقم (٤)                   | بعد عدة أسابيع أو شهور                   |
| تشققات سرطانية Cracking          | ي                  | ملامسة للشدة                       | خرسانة ذات سطح ناعم       | شدة غير متفردة للماء           | خلططات غنية بالأسمت ومعالجة سيئة                         | العناية بالمعالجة والإبقاء (التشطيب)          | رقم (٥)                   | من يوم إلى سبعة أيام وأحياناً أكثر بكثير |
|                                  | ك                  | خرسانة مصقولة بالملامسة (المسطرين) | بلاطات                    | صقل زائد بالملامسة             |  |   |                           |  |
| تآكل صلب التسليح (الصدا)         | ل                  | طبيعي                              | أعمدة وجسور               | النضاه الخرساني أقل من المطلوب | خرسانة ذات نوعية سيئة                                    | تفادى الأسباب                                 | رقم (٦)                   | أكثر من ستين                             |
|                                  | م                  | كلوريدات كالسيوم                   | خرسانة الوحيدات الجاهزة   | كلوريدات كالسيوم زائد          |  |   |                           |  |
| تفاعل قلوي للركام                | ن                  |                                    | مواقع ذات رطوبة عالية     |                                | ركام متفاعل وأسمت يحتوي على نسبة عالية من المواد القلوية | تفادى الأسباب                                 | رقم (٧)                   | بعد أكثر من خمس سنوات                    |

هذا الجدول لا يشمل جميع أنواع الشروح من البند رقم ٨ حتى البند رقم ٢٤ والرسم التالي بين الرموز الخاصة لهذا الجدول



## ثانياً شرح لأسباب الشروخ وعلاجها

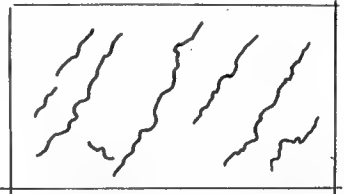
## الشروخ الذاتية : Intrinsic cracks

## ١ - شروخ الانكماش اللدن : Plastic shrinkage

تحدث تشققات الانكماش للخرسانة الطازجة في السطح العلوي للخرسانة الأسقف أو العناصر الأخرى التي لها مساحات كبيرة عند تعرضها لمعدل عال من تبخر المياه سطح الخرسانة نتيجة ارتفاع درجة الحرارة أو تعرض الأسطح لتيارات هوائية شديدة وتحدث التشققات بعد الصب مباشرة وقبل المعالجة حيث يكون معدل تبخر الماء أعلى من معدل خروج مياه التزف من الخرسانة مما يسبب انكماش الطبقة العليا من سطح الخرسانة وينتج من ذلك إجهادات شد تؤدي إلى التشققات في جميع الاتجاهات كما أن وقف المعالجة مبكراً أو عدم الاهتمام بها يؤدي إلى انكماش كبير في وقت تكون فيه الخرسانة ضعيفة المقاومة .

## وتأخذ الأشكال التالية :

(١) شروخ مائلة بدرجة ٤٥° من أطراف البلاطة ويتراوح بعدها عن بعضها من ٣٠ سم إلى مترين كما في الشكل التالي .



شروخ مائلة على زوايا ٤٥ درجة كما في الشكل التالي

## (٢) شروخ على شكل غير منتظم

(٣) شروخ تتبع حديد التسليح وبعض الخصائص المصطنعة وتظهر هذه الشروخ عندما لا تتخذ أي احتياطات وقائية عند صب الخرسانة بالأجزاء الحارة والتي تب عليها الرياح مثل :  
(أ) استعمال المواد الإضافية المنخفضة للماء المؤخرة للتصلد والتي تؤدي إلى خفض نسبة الماء إلى الأسمنت وفي الوقت نفسه تزيد قابلية الخرسانة للتشغيل .

(ب) عمل مصدات لتقليل سرعة الرياح على الخرسانة أي تقليل من تبخر الماء من الخرسانة .

(ج) تأجيل الدمك النهائي للخرسانة وتسوية السطح بعد

مدة تتراوح بين ربع ساعة ونصف ساعة .

(د) وضع الحشيش وتغطيته بالماء في دورات متقاربة .

(هـ) تغطية سطح الخرسانة بغطاء من البلاستيك لمنع الهواء من تبخر المياه من سطح الخرسانة .

(و) عمل مغلات لتفادي التأثير المباشر للشمس .

## العلاج :

(أ) عمل مونة أسمنتية سائلة غير قابلة للانكماش للمعالجة التشققات بها .

(ب) ثم الحقن بالأسمنت (Crouting) للتشققات العريضة .

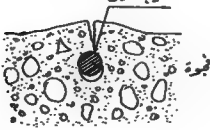
## ٢ - شروخ الهبوط اللدن : Plastic Settlement

تحدث عندما تكون هناك نسبة عالية من التزف والهبوط وذلك بعد انتهاء عمليات الصب والدمك والإنهاء ، حيث تستمر زيادة كثافة الخرسانة (دمكها) ذاتياً طالما هي في الحالة اللدنة ، وعندما تعاق هذه الحركة أو تكون مقيدة بواسطة التسليح الثابت غير المتحرك أو الشدة ونحوها تؤدي إلى تكون فجوات و / أو شروخ مجاورة للعناصر المعيقة للحركة ، وتلخص أسباب الهبوط اللدن في التالي :

(أ) شقوق تتكون فوق قضبان التسليح الثابت غير المتحرك (على العكس من الشبك التي تسمح بالحركة) بالقرب من سطح التقاطع كما في الشكل التالي ..



تضيق تسليح



صبر له لانه بسبب إعاقة التسليح للحركة

ويزداد احتمال حدوث تشققات الهبوط اللدن مع زيادة قطر أسياخ التسليح وزيادة كمية الماء في الخلطة ونقص الغطاء الحرساني ، كما يمكن أن تزداد هذه التشققات في حالة الدمك والتكثيف غير الجيد للخرسانة ، وعندما يتسرب جزء من ماء الخلطة من خلال الشدات .

الاحيافات الواجب اتباعها في تفادي الهبوط اللدن :

- أ ( التصميم الصحيح للشدات والدفقة في تركيبها .
- ب ( الدمك المناسب والجيد .
- ج ( إعادة الدمك ( المز ) .
- د ( ترك وقت كاف بين صب الخرسانة في الأعمدة وصيها في البلاطات والكمرات .
- هـ ( استعمال خرسانة قابليتها للتشغيل أقل ( هبوط أقل ما يمكن lowest slump ) .

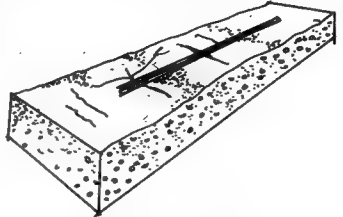
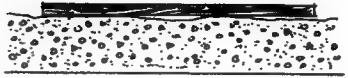
- و ( زيادة الغطاء الحرساني فوق التسليح .
- ز ( أسياخ تسليح ذات قطر أقل .
- حـ ( اتخاذ العوامل المساعدة على التقليل من ظاهرة النزف ( مثل اختيار خلطة ذات قوام منخفض ، زيادة كمية المواد الناعمة ، استخدام المواد الإضافية الخالبة للهواء ( air entraining admixtures ) .
- ط ( التقليل من إعاقة الحركة قدر المستطاع .
- ي ( لضمان عدم تحرك الشدة الخشبية تنفذ طبقاً للخطوات التالية .

(١) توضع فرشاة على الأرض من ألواح البوتني أو الموسكي سلك ٢ أو العروق الفليري بقطاعات لا تقل عن ٤ × ٤ تحت أقدام القوائم .

(٢) تقام القوائم من العروق الفليري بقطاعات ٣ × ٤ - ٤ × ٤ أو ٤ × ٤ - ٥ × ٥ أو ٤ × ٦ - بوصة تبعاً للأحمال والانتقال الواقعة عليها وعلى مسافات تتراوح من ٧٠،٠ إلى ١،٠٠ متر من المحور للمحور .

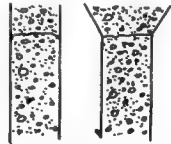
(٣) تثبت القوائم بشدات أفقية في الاتجاين على ارتفاع ٢ متر من سطح الأرض بواسطة قمت وهذه الشدات تعمل على مدادات خشب سويد قطر ٢ × ٤ بوصة أو عروق قطاع ٣ × ٣ بوصة .

(٤) عند رؤوس هذه القوائم تثبت العروق بمدادات من الخشب السويد بقطاع ٢ - ٤ ، ٤ - ٥ ، ٥ - ٦ بوصة بواسطة القمت وتوضع عليها التطاريج على بعثها من مدادات خشب سويد قطاع ٢ × ٤ أو ٢ × ٦ بوصة وتثبت التطاريج بالمسامر على اللدابات بحيث لا تزيد المسافة عن ٥٠ سم من محاور التطاريج .



صبوط لدرسة في الجور العميقة

ب ( شقوق تتكون في الأعمدة والمواط التحفة ، ويماق المبوط في هذه الحالة عن طريق ما يسمى بظاهرة القوس ( arching ) أي أن المادة تحاول بناء شكل القوس أو القند حتى لا تبتط بكاملها ، وإنما يهبط الجزء السفلي ويبقى العلوي مكانه معلقاً على هيئة قوس أو عقد عند كل عائق للحركة ، كما أنه من الممكن أن تحدث هذه الشقوق في الأعمدة الدائرية كما في الشكل التالي .



صبوط لدرسة في الدعمة في الدعمة الدائرية

جـ ( شقوق تنشأ عند تغير عمق القطاع وبصورة خاصة في البلاطات المجوفة وذات الأعصاب through and waffle slabs .

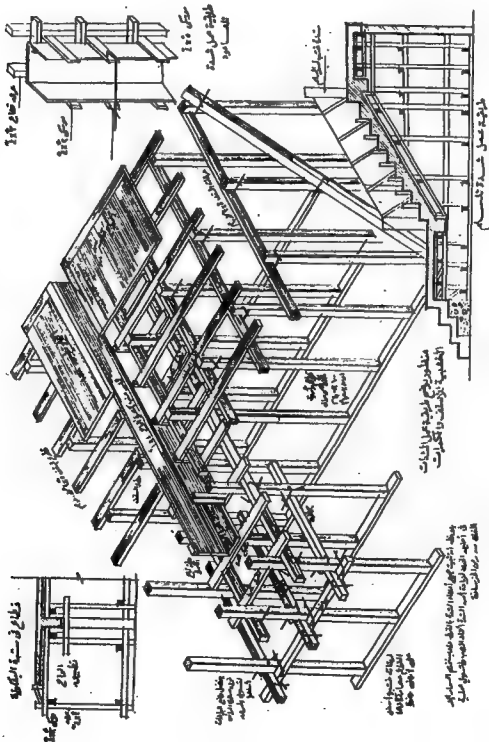


صبوط لدرسة عند تغيير الارتفاع



٥) على هذه التطارح تسر ألواح التطبيق وهي من لوح خشب أبيض سمك ١ بوصة (لترانة) وبعرض ٤ إلى ٦ بوصة ويجب أن تكون هذه العيوات للأسقف الأفقية تماماً .

٦) يراعى التدعيم جيداً للكميرات وبحيث لا تزيد المسافة من محاور الدكم عن ٥٠ سم وتضغضغ (تسك) بواسطة القمط من أسفل الكمرة .



ليست مادة واحدة ولكنها مادة مركبة أو جملة مواد جمعت إلى بعضها البعض فأصبحت شيئاً جديداً ، ويجب إجراء توازن واختيار جيد بين كل المكونات من الحديد والرمل والزلط والأسمنت والماء حتى يحصل المهندس الإنشائي على الخصائص والمواصفات الفنية ومن ناحية أخرى فإن الأسمنت - المادة اللاصقة - في الخرسانة وبين الحديد يشكل في حد ذاته خطراً على حديد التسليح في المرحلة الأولى المقطرة بحوالي ٢٨ يوماً ، وكثيراً ما يسبب صدأ الحديد أو اتساع سطحه في إضعاف قوى الربط ، والمخبر للدعشة اعتقاد الكثيرين بأن حديد التسليح معزول عن الصدأ ، أو بمعنى أصح وأدق ، عوامل الصدأ لا تؤثر داخل الكتلة الخرسانية ، والحقيقة تكاد تثبت عكس هذه النظرية تماماً ، لكن حتى يتضح الأمر على حقيقته يجب دراسة مكونات الخرسانة بالتفصيل الجيد حتى يمكننا التعرف على جميع هذه الخصائص كي نتلافق أي أخطار من تلك الخصائص .

**الاحتياطات الواجب اتخاذها لمنع حدوث هذه التشققات :**  
( أ ) تخفيض درجة الحرارة الداخلية للخرسانة ، أو خفض الفرق بينها وبين حرارة السطح ( العزل الجيد لكامل القطاع ، التحكم في معدل التبريد ) .

( ب ) اختيار نوع من الركام له معامل تمدد حراري منخفض ( الحجر الجيري يفضل في هذه الحالة عن البازلت ) .

( ج ) زيادة نسبة التسليح الخاص بمقاومة التقلصات الحرارية ( اختيار قضبان ذات أقطار صغيرة وذات تنوعات ) وخفض الغطاء الخرساني إلى الحد الأدنى الذي يفق بالمتطلبات الأخرى .

( د ) توفير فواصل حركة كافية ومناسبة وخفض الزمن بين صب الأجزاء الخرسانية المتجاورة إلى الحد الأدنى .

#### ٤ - شروخ الانكماش الناتج عن الجفاف :

##### Long - term drying shrinkage

شروخ الانكماش بالنسبة للأعضاء الخرسانية فعادة تظهر شعرية بامتداد حديد التسليح وتظهر قبل تحميل العضو الخرساني سواء بلاط أو كمر أو عمود . وعادة يكون لها تأثير مباشر في تكوين الشروخ التي تظهر بعد تحميل العضو .

وتظهر أول شروخ الانكماش عادة في أضعف مقطع للعضو الخرساني ويكون هذا الضعف نتيجة عدم كفاية الحساب الإنشائي أو المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية .

ومن حسن الحظ في بعض الحالات يقابل التأثير الكبير الخاص بالانكماش التأثير الخاص بالزحف مما يقلل من خطورة شروخ الانكماش . وقد تظهر شروخ الانكماش كفواصل بين

٢ يوم للألواح الجانبية للأعمدة وجوانب الكمرات والطبانات .

١٣ يوماً للبلطات والكمرات والأعتاب التي لا يزيد بحرها عن ٤,٠٠ متر .

١٥ يوماً للبلطات والكمرات والأعتاب التي يزيد بحرها عن ٤,٠٠ متر .

وفي حالة استعمال الأسمنت مبكر القوى ( سريع التصلب ) تنخفض مدة الكمرات والبلطات والأعتاب إلى ثمانية أيام مع ملاحظة رش الخرسانة يومياً مرات كافية لبقائها متناه دوماً بالمياه لمدة لا تقل عن أسبوعين في حالة الأسمنت العادي وأسبوع في حالة استعمال أسمنت سريع التصلب .

#### ٣ - شروخ التقلص الحراري المبكر : Early thermal contraction

تتولد أثناء الشك والتصلد المبكر حرارة ناتجة من التفاعل الكيميائي بين الأسمنت والماء وغالباً ما تتولد كمية كبيرة من الحرارة وترتفع درجة حرارة الخرسانة عن درجة حرارة الجو المحيط وخاصة في العناصر الضخمة .

وبعد أيام قليلة ( ٧ - ١٤ يوماً ) يهبط معدل تولد الحرارة إلى أقل من معدل فقدانها ( لانخفاض درجة التفاعل ) فتتخفض درجة حرارة الخرسانة إلى درجة حرارة الجو المحيط وخلال هذه التغيرات التي تطرأ على درجة حرارة الخرسانة تتفارق حركة التقلص الناتج من انغراض درجة حرارتها ( برودتها ) وتتولد نتيجة لذلك إجهادات شد تسبب التشققات .

وتتناسب هذه الإجهادات مع مقدار التغير في درجة الحرارة ، ومعامل التمدد الحراري ، ومعامل المرونة ، ودرجة إعاقة الحركة ، وتكون إعاقة الحركة إما باختلاف درجة الحرارة بين السطح والداخل . خاصة في الأعضاء التي لها سمك كبير ( إعاقة داخلية ) ، أو عندما تصب خرسانة حديثة بجانب خرسانة قد سبق صبها منذ فترة ولم تكن هناك فواصل تمدد كافية للسماح بحركة التقلص الناتجة .

ويمكن التمييز بين شقوق التقلص الحراري وشقوق الانكماش التي يسببها الجفاف الطويل الأمد لأن الأولى تظهر عادة في الأسبوعين الأولين من صب الخرسانة بينما تظهر شقوق الانكماش بعد عدة أسابيع أو شهور .

وقبل أن نتعرض للاحتياطات الواجب اتخاذها لمنع هذه التشققات يجب معرفة ماهية الخرسانة المسلحة .

من المعروف جيداً أن الخرسانة المسلحة تتمتع بمقدرة عظيمة على تحمل الضغوط لكنها مادة ضعيفة حيال الشد ، والخرسانة

ويمكن أيضاً التخفيف من احتمال ظهور الانكماش الناتج عن الجفاف بالتابع الآتي :

- ( أ ) استعمال أقصى كمية عملية ممكنة من الركام وأقل كمية من ماء الخلطة تسمح بها ظروف التنفيذ .
- ( ب ) اختيار نوع جيد من الركام وأكبر مقاس اعتباراً مما يمكن .
- ( جـ ) الاهتمام بالمعالجة وخاصة للمساحات الكبيرة والمكشوفة ( زيادة مقاومة الشد ) .
- ( د ) إزالة الإعاقة الخارجية للحركة أو تخفيفها قدر المستطاع .

#### ٥ - الشروخ الشبكية : Cracking ( شروخ سرطانة )

تعتبر هذه الشروخ نوعاً من أنواع الانكماش الجفاف على صورة مصفرة ، فهي تنتج عن إجهادات الشد التي يتعرض لها السطح كما في الشكل التالي وتحدث عادة عندما تكون هناك فروق واضحة في كمية الماء السطحية عن تلك المتوفرة في الطبقة الأدنى منها ( الداخلية ) وهي غير مرتبطة بالزمن ( تقدم عمر الخرسانة ) أو بالمساحة المعرضة للهواء وإنما ترتبط بالظروف الحرجة التي تؤدي إلى أحد العوامل الآتية :

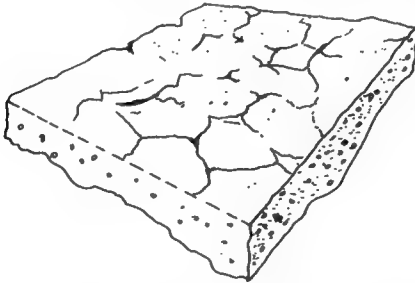
الأعضاء الخرسانية وبين المباني الطوب نظراً لاختلاف معامل التمدد الحراري بينهما .

#### شروخ الانكماش الناتج عن الجفاف



الاحباطات الواجب اتخاذها لتقليل من حدوث شروخ الانكماش الناتج عن الجفاف :

- ( أ ) توفير التسليح المناسب .
- ( ب ) توفير الفواصل الكافية اتجاه الأشكال المختلفة للحركة .
- ( جـ ) التصميم والتنفيذ طبقاً لأحدث أنظمة البناء .



#### شروخ سرطانة بسبب الانكماش اللدونة الناتج عن الجفاف

الأسمنت تطفو على السطح . كما يجب مراعاة تراكب الزلط الداخل من الخرسانة حول التسليح أو الفرم منعاً من تمشيخ الخرسانة أو وجود فراغات حول التسليح تضر بسلامة المنشآت .

- ( د ) عند توقف الصب لمدة قصيرة لأي سبب يجب عدم ترك ما تم صبّه قبل الطبقة التالية لمدة تزيد على نصف ساعة أو لمدة لا تزيد على المدة اللازمة للشكك الابتدائي للأسمنت الداخل في تكوين الخرسانة على الأكثر كما يجب أن يزال ما يظهر

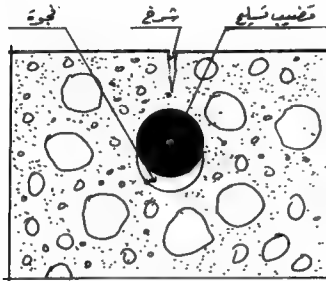
( أ ) معدل تدرج عالي في تركيز الرطوبة .

( ب ) عدم تجانس مكونات الخرسانة بالقرب من السطح المكشوف .

( جـ ) يجب عند نقل الخرسانة ووضعها في أماكنها أن يتجنب كل ما من شأنه انفصال جزئياتها .

وليكن معلوماً أن إطالة مدة الدمك عن اللازم تسبب انفصالاً في حبيبات الخرسانة وتجعل كميات كبيرة من لباني

إنشائية ومعمارية . وتحصد الفترة التي يستغرقها تأكسد حديد التسليح . على نوعية الخرسانة الموجودة وجودة التنفيذ ومواد العزل المستخدمة والعوامل البيئية المحيطة . الغرض من هذا البحث تقديم نبذة عن مسببات تأكسد حديد التسليح وطرق العلاج المستخدمة وعليه لا بد من التعرف على صلب التسليح عن تكوينه وخصائصه وهي كالآتي :



شكل مبين وجود شرف نتيجة صدأ حديد التسليح

من مياه على سطح لحام الخرسانة قبل معلودة صب الخرسانة ثانياً .

هـ ) تحفظ الخرسانة رطبة باستمرار ابتداء من وقت تصدق السطح بدرجة كافية لا تقل عن سبعة أيام وذلك عند استعمال الأمخت البورتلاندى العادى ، ولمدة ثلاثة أيام عند استعمال الأمخت البورتلاندى سريع التصلد ، ويتم رش الخرسانة جيداً بالماء أو بتغطية السطح بقماش نسيج المجو الخش أو قش الأرز مع حفظها في حالة رطبة بالررش المستمر لمدة خمسة عشر يوماً .

### أسباب ظهور التشققات الشبكية :

- أ ) الظروف المناخية القاسية وعلى وجه الخصوص انخفاض الرطوبة النسبية .
- ب ) الشدة غير المنفلة والباعمة ( البلاستيكية ، الحديدية ) .
- جـ ) الخلطة الغنية بالأمخت والخلطات السائلة .
- د ) الحز الزائد عن المطلوب ( يؤدي إلى طبقة سطحية ناعمة وغنية بالماء ) .
- هـ ) الإنهاء ( التشطيب ) المبغ فيه .
- و ) المعالجة غير التامة ( جفاف / رطوبة ) .

### طرق العلاج :

- أ ) ينصح أحياناً باستعمال طارد للماء من السطح .
- ب ) إزالة الطبقة المتشققة آلياً أو كيميائياً عندما تكون الناحية الجمالية مهمة مع توقع تغير في مظهر الخرسانة .
- جـ ) ويمكن النظر إلى هذه التشققات على أنها طبقة رقيقة من سطح الخرسانة تتضرر بحيث تصبح كقشرة رقيقة يمكن إزالتها . وتكون الطبقة التي تليها ذات قوة أفضل ومتانة أكبر . ولهذا فغالباً ما تكون هذه التشققات ذاتية الالتئام ولا تؤدي إلى مشكلات في قوة التحمل لا في حالة الخرسانة الممرضة للبرى ( abrasion ) .

### ٦ - شروخ بسبب تآكل التسليح :

#### Corrosion of reinforcement.

تعرض المنشآت الخرسانية أثناء وبعد الانتهاء من تشييدها لعوامل بيئية مختلفة تؤثر على متانتها وجسـن مظهرها . وقد يحدث هذا الضرر سريعاً أو يأخذ وقتاً قبل ظهوره . ويحدث تأكسد حديد التسليح أحد أسباب تصدع المنشآت الخرسانية خاصة في المناطق الساحلية . بالإضافة إلى ما يسببه التآكل من ضعف مقاومة حديد التسليح فإنه يسبب ثقبت وتكسر الخرسانة المحيطة به كما في الشكل التالي مما يلحق بالمبنى أضراراً

أولاً : صلب التسليح : ويصنع هذا النوع من الحديد بإحدى طريقتين :

الأولى : صهر الحديد الحردة وضبط مكوناته ببعض الإضافات عليه أثناء الصهر ، أو بالطريقة الثانية والتي تلخص في اختزال خامات الحديد داخل الأفران العالية باستخدام فحم الكوك والمجر الجوى ، ويطلب الاختزال بذل طاقة حرارية عالية تناهز ٤٧ مليون جول للطن الواحد ومعنى استخدام حرارة عالية للاختزال أن معدن الحديد المتكون أجبر على التواجد في منطقة طاقة عالية أو منطقة نشطة ولذا فالمدن غير مستقر ويميل سريعاً إلى الانتقال إلى منطقة أقل ، ولهذا يتجه الحديد بسرعة ناحية تكوين أكاسيد الحديد مثيلة تلك الأكاسيد المتوافرة عنه في الطبيعة وتسمى عملية الانتقال من مستوى طاقة أعلى إلى المستوى الأدنى بالتآكل والبحر . ويطلب الحديد لإتمام الانتقال توفير قدر محقول من الرطوبة .

ثانياً : ميكانيكية التآكل : التأكسد عبارة عن عملية كهروكيميائية تحدث نتيجة للأسباب التالية :

(١) مرور تيار كهربائي مباشر نتيجة حدوث تسرب أو تماس كهربائي مسبباً التآكل .

٢) حدوث فرق في الجهد الكهربائي بين عدة نقاط في الخرسانة المسلحة وذلك نتيجة الرطوبة والأكسجين والمحلل الكيميائي أو نتيجة تقاسمها لمواد معدنية أخرى تسبب عملية التآكل في حدوث خلايا مركزة ، حيث تصبح منطقة من حديد التسليح موجبة والمنطقة الأخرى سالبة كما في الشكل التالي .

أظهرت التحاليل الكيميائية لعينات من الخرسانة التي تم الحصول عليها من المنشآت التي تصدعت تحت ظروف البيئة المختلفة في مصر احتواؤها على نسب من الأملاح وخاصة الكلوريدات والكبريتات التي تتفاوت وفقاً لظروف كل منشأ ، كما لوحظ أيضاً ارتفاع نسبة الكربونات بصفة عامة كما يوضح ذلك الجدول التالي .

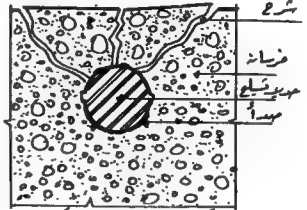
كما أظهرت التجارب الكهروكيميائية وقياسات الجهد الكهربي في الدائرة المفتوحة لحديد تسليح لم يستخدم في محاليل مائية لخلطة الخرسانة للعينات السابقة اتجاه قيم الجهد نحو الاتجاه السالب - إلى قيم وصلت حتى ٦٧٠ مللي فولت - مما يعطي دلالة قاطعة على قابلية حديد التسليح للتآكل في هذه الخرسانة.

ولما كان تآكل حديد التسليح في الخرسانة ينشأ عن تكوين خلايا دقيقة جلفانية على سطحه تختلف مكوناتها وفقاً للوسط المحيط ، فقد أمكن تصور خلية كاثودية تعبر مستوية عن العديد من حالات تآكل حديد التسليح في الخرسانة المسلحة تحت تأثير الأوساط المختلفة في مصر .

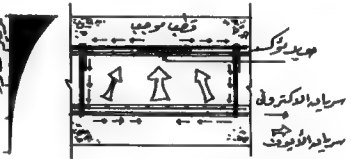
ويؤدي تآكل حديد التسليح إلى زيادة حجمه بمقدار حوالى ٢,٢ قدر الحجم الأصلي مما يولد ضغوطاً كبيرة داخل الخرسانة تصل إلى حوالى ١٥٥ كجم / سم<sup>٢</sup> مما يؤدي إلى تصدعها .

الحلقة الجلفانية المستولدة عن العديد من حالات تآكل حديد التسليح في الخرسانة

تفتت وتكسر الخرسانة نتيجة لتآكل حديد التسليح



تفتت وتكسر الخرسانة نتيجة لتآكل حديد التسليح



ميكانيكية تآكل حديد التسليح

|            |                       |                       |
|------------|-----------------------|-----------------------|
| حديد تسليح | خرسانة عالية النفاذية | خرسانة ضعيفة النفاذية |
|            | +                     | +                     |
|            | خرسانة كربونية رقم    | خرسانة قلوية رقم      |
|            | هيدروجيني منخفض       | هيدروجيني مرتفع       |
|            | +                     | +                     |
|            | أملاح                 | أملاح                 |

والقصة والبلاتين رغماً عن اعتباره معدناً أشد نشاطاً وهو نفس السبب الذي جعل مصممي الأوبرا سيدني باستراليا يربطون البلاطات الخرسانية بمسامير من التيتانيوم ، وهي نفس النظرية التي على أساسها صنع الحديد الإنشائي عدم الدخانات المعروفة باسم حديد كورتن corten مانع التآكل والآن اتضح ميكانيكية الصدأ على وجه بسيط وبني العلاج ، وهو الذي انتهت إليه بعض الدراسات كالتالي :

جـ ( حماية حديد التسليح :  
قد يأتي الحل بمعرفة طبيعة الداء والمرض ، فتكون المحلول القلوي يساعد الحديد على إتمام تفاعلات سطحية مكوناً أيدروكسيد الحديد الجيلاتيني القوام غير المنفذ وتحميط الأسياخ وتعرؤها عن باقي التفاعلات . وطبقة الأكسيد أو الأيدروكسيد هي ذاتها التي تكسب الحديد الذي لا يصدأ خاصية عدم الصدأ وتجعل غاز التيتانيوم يسلط سلك للمعادن الثيلة كالذهب

### ١ - الصلب الغير قابل للصدأ كإضافة إنشائية :

وبما كان من الأنسب أن نذكر بإيجاز بعض الخصائص المهمة للصلب الغير قابل للصدأ تستخدم هذه الأنواع من الصلب بكثرة كإضافة إنشائية ذات كثافة عالية وخصوصاً فيما يتعلق بمقاومتها للتآكل بشكل عام . وتتميز الأنواع الأوستينية من الصلب بقابلية جيدة للسحب مما يتيح سهولة الحصول على صفائح وأسلاك وقضبان يمكن لحامها .

وأكثر أنواع الصلب الأوستيني شيوعاً في الاستخدام هو الصلب المعروف برقم ٣٠٤ والذي يحتوي على ١٨٪ من الكروم و ٨٪ من النيكل والباقي من الحديد مع إضافات بسيطة من الكربون وعناصر أخرى . وبلى هذا النوع من الصلب النوع المعروف برقم ٣١٦ والذي ترتفع فيه نسبة النيكل إلى حوالي ١٠٪ ويضاف إليه حوالي ٣٪ من فلز الموليبدن . وترجع قدرة هذه الأنواع من الصلب على مقاومة التآكل إلى تواجد طبقة رقيقة شفافة من الأكسيد على أسطحها تحميها بكفاءة في الأجواء النظيفة الرطبة . ومع هذه الخواص المميزة إلا أن أنواع الصلب الأوستيني قد تتعرض تحت ظروف معينة إلى أنواع مختلفة من التآكل هي :

(١) التآكل العام : *General corrosion* : ويحدث عندما يفقد الصلب طبقة الأكسيد الحامية له وذلك إذا تعرض للمحاليل الحمضية القوية .

(٢) التآكل الصدحي : *Crvices corrosion* : ويتم إذا تغطى جزء من الفلز بمادة عازلة تسمح بوجود طبقة رقيقة من السوائل تحميها . ويتبع عن هذا النظام تنمصاً في الأكسوجين تحت الغطاء يولد ما يسمى بخلية الأكسوجين التركزية *oxygen concentration cell* وهذا النوع من التآكل يحدث غالباً حيث تستخدم الحشايا *gaskets* ولذلك فهو يعرف أيضاً باسم تآكل الحشايا (*gasket corrosion*) .

(٣) التآكل القضي : *Pitting corrosion* : ويحدث بصفة خاصة في وجود تراكيز عالية من أيونات الكلوريد على سطح الفلز تسبب اختراق طبقة الأكسيد في بعض نقاطه الضعيفة وتعامل هذه الأيونات مع السبيكة مباشرة . وتزداد احتمالية هذا التآكل في المحاليل الحامضية عنه في المحاليل المتعادلة أو القلوية .

(٤) التآكل الشرحي الإجهادي (ت ش أ) : *Stress corrosion cracking* : وفيه تهاجم السبيكة اللينة (*Ductile*) بشكل فجائي نتيجة لتكون شروخ تؤدي إلى تقصيفها . وكما يدل اسم هذا النوع من التآكل يلزم أن يتواجد الفلز في حالة إجهاد ناتج عن الشد أو اللي أو الانحناء ، وأيضاً يلزم إلى تواجد عامل خاص

١ - إحكام إحاطة حديد التسليح بطريقة عازلة كثيفة من الخرسانة .

٢ - يزداد عزل الخرسانة طردياً مع زيادة كمية الأمحت

٣ - تقل نفاذية الخرسانة عند استخدام الحد الأدنى من الماء .

— وهناك اتجاهات تدعو إلى تصنيع القواطع الخرسانية من مواد مسامية خفيفة ، ورغم جودة وغفة الخواص إلا أنها تعاني بشدة من تسرب الماء والهواء إلى قلب الخرسانة والإحاطة بالحديد والتحرر فيه .

— ويفترض بحث مشترك بين مهندس مدني وزميل كيميائي تنظية الحديد بمواد عازلة غير منفذة مثل البيتومين لكن الاختبارات الحقلية جاءت ضد البحث ووجد أن القطران يؤدي إلى إضعاف قوى الروابط بين عناصر الخرسانة وتجعلها واهية لا تصلح للأعمال الإنشائية .

وهي نتيجة متوقعة تماماً مع نتائج حلقة حديد التسليح وإن كانت أبحاث الخرسانة غصية في إنشائيات تتآكل بسبب الشروع .

(د) الاحيادات الواجب اتخاذها لتفادي الشروع الناتجة عن تآكل حديد التسليح .

(١) تعين نسبة الكلوريدات كيميائياً (كسبة وزنية لكلوريد الكالسيوم / الأمحت) .

(٢) إذا كانت النسبة في حدود (٠,٥٠ ٪) فهذا يدل على أن الحالة ليست خطيرة ، ويمكن أن يكون السبب عائداً إلى أن الغطاء الخرساني غير كاف أو أن الخرسانة منفذة للماء ، فإذا عرف السبب أمكن إجراء الترميم اللازم لمعالجة هذه الأسباب المؤدية لعملية التآكل .

(٣) أما إذا كانت النسبة في حدود (٢٪ - ٤٪) فهذا دليل على أن هناك تركيزاً عالياً للكلوريدات ، ولا بد من معرفة مصدره (إن كان داخلياً من الركام أو من المواد الإضافية مثلاً أو كان خارجياً من الماء أو التربة أو نحو ذلك) ، وقد يكون من الصعب معالجة مثل هذه الحالات ، لأن الكلوريدات تتفاعل أحياناً ببطء حتى في الظروف الجافة .

(٤) ويكون إصلاح الأماكن المتضررة بإزالة كامل الخرسانة المجاورة للشقوق والمغطاة بالتسليح المتأثر بحيث تزال المنطقة حول القضيب ، ومن ثم يجري تنظيف الصلب وحماجه بمادة مناسبة (إن أمكن) ثم تملأ المنطقة بطبقة من الخرسانة الناعمة أو اللونة ويمكن أن يستخدم لذلك أيضاً مادة الإيوكسي .

التآكل في المحاليل المحيطة على تراكيز مناسبة من أيون الكلوريد إذا زادت درجة الحموضة تدريجياً. وقد حصل باحثون آخرون على نتائج مشابهة .

أما الباحثون اليابانيون فقد نجحوا نجاحاً جديداً في فهمهم عن أسباب تعرض الصلب للـ (ت ش أ) عند درجات الحرارة العادية . فقد قاموا بدراسة تأثير رطوبة الجو ونوعية ملح الكلوريد على بدء تكون الشروخ في نماذج الصلب ٣٠٤ و ٣١٦ ثبت على هيئة حرف U الإفرنجي وقد تمت الدراسة بوضع الأملاح المختلفة على الجزء المجهد من العينات ثم تعريضها لدرجات مختلفة من الرطوبة . وأظهرت الدراسة أن أملاح الماغنسيوم والكالسيوم والخاصين ، وأيضاً ماء البحر الخبيث Synthetic seawater تؤدي إلى حدوث الـ (ت ش أ) .

كما سبق عرضه من البحوث المنشورة في هذا المجال يبين لنا أن: (أ) هناك طرفان محددان ينتج عن أحدهما (أو كلاهما معاً) انهيار الصلب بواسطة (ت ش أ) عند درجات الحرارة العادية .

(ب) إذا تعرض الصلب لحلول عالي الحمضية يحوي على تراكيز عالية من أيونات الكلوريد (حوالي ١٦٪ بالوزن) يعادل التركيز . الناتج من التثبيح بملح الطعام . (كلوريد الصوديوم) .

(ج) إذا تعرض الصلب لتراكيز عالية من كلوريدات الماغنسيوم أو الكالسيوم أو الخاصين في وجود درجة الرطوبة المناسبة .

#### ٧- شروخ بسبب التفاعل القلوي للركام: Alkali reaction

هو شكل نادر للتصدع والتشقق يحدث تحت الظروف المبتلة. أو الرطبة فقط ويجري هذا التفاعل بين بعض أنواع الركام التي تحتوي على سليكا نشطة active silica مع القلويات الناتجة من إماهة الأسمنت أو التي تتواجد في بعض المواد الإضافية mixtures أو من ماء الخلطة أو غير ذلك من المصادر كما في الشكل التالي إضافة إلى ذلك فإنه يمكن للركام أن يؤثر في عملية تصدع المنشآت الخرسانية من خلال قابلية بعض أنواعه - مثل الشوت - إلى التفاعل مع القلويات ، حيث يتفاعل هذا الركام الذي يحوي على سليكا مائية مع أنواع الأسمنتات التي تحوي نسباً عالية من القلويات ليكون مركبات سيليسية تتمدد لتشكّل ضغوطاً داخلية في الخرسانة تؤدي إلى تصدعها - كما أظهرت الدراسات التي أجريت على عينات الخرسانة التي تم الحصول عليها من بعض المنشآت الخرسانية المتصدعة في مصر أن استخدام الحجر الجيري والدولوميت ضمن الركام من الخرسانة المسلحة أدى إلى

يسهل التآكل يدعى عامل التآكل (عامل ت ش أ) ويكون مسار الشرخ إما بين حبيبات السبكة ويسمى بالشرخ البيني intergranular crack أو خلال الحبيبات ذاتها ويعرف بالشرخ العرضي transgranular crack وتكون خطورة الـ (ت ش أ) في ناحيتين أساسيتين .

أ - إذا وجدت مادة عامل التآكل فإن الانهيار يحدث عند معدلات إجهاد أقل بكثير مما هو معروف للمادة ومن الحد الأدنى الذي يأخذه المهندس الإنشائي في الاعتبار عند التصميم .  
ب - إن الانهيار يحدث فجأة وبدون مقدمات ظاهرة ، كما أنه ليس هناك أي طريقة لحساب معدلات تقدم الشروخ .

#### أسباب انهيار السقف المعلق لحمام سباحة من الحديد الغير قابل للصدأ :

انهيار فجأة سقف معلق لحمام سباحة معلق من الحديد الغير قابل للصدأ علماً بأن نفس العلاقات كانت لحديد الغير قابل للصدأ وهذا الانهيار سببه شيان :

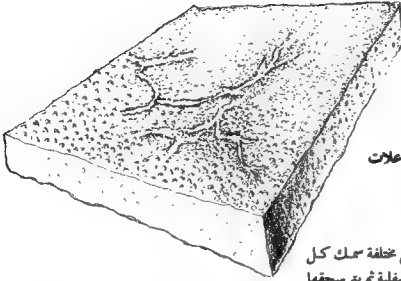
(١) إذا وجدت مادة عامل التآكل فإن الانهيار يحدث عند معدلات الإجهاد والتي هي أقل بكثير من المعروف للحد الأدنى للمادة التي تؤخذ في الاعتبار عند التصميم .

(٢) أن الانهيار يحصل فجأة وبدون مقدمات ظاهرة كما أنه ليس هناك طريقة لحساب معدلات تقدم الشروخ واتساعها .

علماً بأن حرارة حمامات السباحة المغلقة لم تزد في الحالات الاستثنائية عن ٦٠° وفي الأحوال العادية لا تزيد عن ٢٥° . وهناك عدة عوامل إلى هذه الأسباب وقد اختلفت التبريرات والأسباب التي تدعو إلى هذا الانهيار نوجز منها ما يلي :

افترض كلاً من هربسلب وتابلر أن الصلب ٣٠٤ يتعرض للـ (ت ش أ) عند درجات الحرارة العالية إذا كان في الحالة الخاملة passive أما إذا كان الصلب في الحالة النشطة فمن الممكن أن يحدث (ت ش أ) عند درجات الحرارة العادية . وتنتج الحالة النشطة للصلب في المحاليل الحمضية المحيطة على تراكيز أيون الكلوريد . وقد حصل تورشو على نتائج مماثلة وأظهرت نتائجها أنه كلما زاد تركيز أيون الكلوريد في المحلول فإن شروخ التصدع تظهر عند درجات حموضة أقل بفرض بقاء درجة الحرارة ومستوى الإجهاد ثابتين . وإذا بقيت درجة الحموضة عند ١٠ . جزيء/لتر من حمض الهيدروكلوريك فإن الصلب يتعرض للتآكل العام إذا كان تركيز أيون الكلوريد ١٠ . جزيء/لتر ويتبع التآكل التقني إذا زاد تركيز الكلوريد إلى أقل من ٢ جزيء/لتر ، ويحول التآكل إلى (ت ش أ) إذا ارتفع التركيز عن ٢ جزيء/لتر . ومشاهد هذا التحول في نوعية

تكون مركبات متعددة وخاصة مركبات الأثرغيت والتوماتيت والتي شكلت ضغطاً شديداً داخل الخرسانة مما أدى إلى تصدعها .



شكل يبين الشروخ التي تظهر بسبب التفاعلات القلوية بين الركام والأسمنت

كما يزيد من تحمل الخرسانة مع الزمن حيث تقل نفاذيتها للسوائل ومن أكثر المواد البوزولانية شيوعاً مسحوق الرماد Pulverised Fuel Ash - PFA والميكروسيلىكا ، وتأثير هذه المواد على الخلطة الخرسانية أنها تعمل على تأخير الشك والتصلد ولكنها لا تؤثر على المقاومة إذا تمت المعالجة بعناية .

٢ - ويمكن استعمال مسحوق الرماد (Pfa) كبديل للرمال (حتى ٢٠٪) أو كبديل للأسمنت وذلك في الخرسانة التي لا تستعمل لأغراض إنشائية أو في الخرسانة الكتلية ولكن يجب أن يكون مطابقاً للمواصفات القياسية .

٣ - وتفاعل المواد البوزولانية مع هيدروكسيد الكالسيوم مكونة عجينة جيلاينية (gel) من هيدرات سيليكات الكالسيوم الثابتة والتي تقلل الفجوات والمسام الداخلية في عجينة الأسمنت .

٨ - شروخ بسبب تفاعل الخرسانة مع الكبريتات :  
Sulfate reaction

تشكل المياه والترربة المحتويان على كبريتات قابلة للذوبان في الماء خطراً كبيراً على قوة تحمل الخرسانة وتماسكها . فعندما تتسرب المواد الكبريتية خلال الحجر الأسمنتي وتلاصق ألومينات الكالسيوم التجميعية hydrated فإنها تتفاعل مع مركبات ألومينات الكالسيوم الكبريتية ويصاحب ذلك زيادة كبيرة في الحجم ينتج عنها إجهادات شد موضعية عالية تؤدي إلى تآكل الخرسانة وتصدعها مع الزمن، وما يساعد على التخفيف من خطورة هذه المشكلة استعمال الأسمنت البورتلاندى المقاوم للكبريتات ويمكن أيضاً استعمال خلطات من الأسمنت المتبادل وفي الحالات التي تكون فيها نسبة الكبريتات عالية جداً فلا بد من استعمال بعض

— ولتحديد قلوية الخرسانة تؤخذ مقاطع مختلفة سمك كل منها ١٠ سم من الأجزاء العلوية والوسطية والسفلية ثم يتم سحقها وإبعاد الحصى عنها ثم تسحق مرة أخرى حتى يتم تحويلها إلى بودرة ثم تترج هذه البودرة بماء مقطر بنسبة ١ : ١ وزنياً ويتم تحريك المحلول لمدة ٣٠ دقيقة ويترك لمدة ٦٠ دقيقة أخرى ثم يتم ترشيح فصل السائل وعندما يتم قياس القلوية باستخدام جهاز الترقيم الهيدروجيني .

— العلامات التي تدل على معرفة هذه الشروخ إما أن ترى بالعين المجردة أو بواسطة المجهر المكبر وتتلخص في التالي :

١) وجود مادة هلامية عند التشققات ( شفاقة على الأغلب ) تسيل على الأسطح الرأسية وتترك أثراً عليها وتبدو بارزة في الأسطح الأفقية .

٢) بروز فقاعات ( Pop outs ) على سطح الخرسانة نتيجة لوجود حبيبة كبيرة من الركام تحت السطح مباشرة ويمكن رؤية المادة الهلامية أسفل الفقاعة . وفيما عدا ذلك يكون الضرر نتيجة لسبب آخر ( مثل الناتج عن التجمد ) .

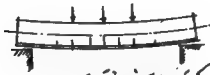
٣) علامات أخرى مثل الرطوبة الدائمة ، وتغير اللون وتعد يصعب رؤيته بالعين المجردة في بداية العملية ، ولا تظهر الشقوق للعيان إلا بعد مرور سنوات عديدة ويصعب علاج هذه التفاعلات بعد حدوثها ولكن الوقاية في مثل هذه الحالات خير من العلاج والتي تتضمن :

أ) اختيار الركام المناسب .  
ب ) استعمال أسمنت منخفض القلوية .

ج ) استعمال المواد البوزولانية وتتلخص مواصفاتها في الآتي :  
١ - هي مواد تتفاعل مع الجير الذي يتحرر عند الإماعة مكونة سيليكات وألومينات الكالسيوم غير القابلة للذوبان والتي تعمل على سد الفجوات الداخلية والمسام الشعرية في عجينة الأسمنت



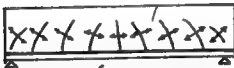
أسباب الانهيارات والشروع في أعضاء المنشأ نتيجة الشد والضغط .



كثرة الشد في منتصف عمود وجود شقوق كثيرة في منطقة الشد



كثرة الشد في منطقة الشد بسبب عدم تسليح الكافي



اجتماع عوامل الشد الرئيسية في الكمرات البسيطة



كثرة الشد في المنطقة الوسطى التي لا تسليح كافي بالنسبة للمعتمدين وكذلك توجد الشقوق على زاوية ٤٥°



تكون القصون والمنحرفات الشقوق في الكمرات العادية

أنواع البوزولانا المعروفة بمقاومتها للكبريتات وذلك بعد عمل الاختبارات اللازمة للتأكد من فعاليتها .

أما من ناحية جهة الأساسات فمن المعروف أن الأسمنت لا يقاوم تفاعل غازات مياه المجارى لأن كبريتيد الأيدروجين  $H_2S$  hydrogen sulphid التي تتحول إلى حامض كبريتيد  $H_2SO_4$  بفعل الأكسجين المتص من البكتريا اللاهوائية وهذا الحامض يتفاعل ويؤثر تأثيراً شديداً على المواد الجيرية والموجودة بنسبة كبيرة في الأسمنت ويرجى الرجوع إلى ما كتب عن حماية الأساسات من الأحماض والأملاح بالباب الأول .



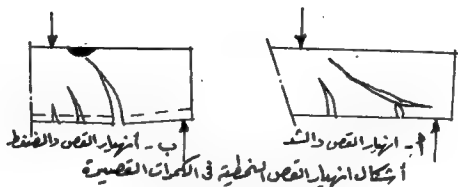
تحتك في العمود بسبب تخزين سداد كيمائى بجواره

## ٩ - الشروع الإنشائية :

- ١) شروح بسبب أعطاء القصم :
- حدوث العيوب بالمنشآت الخرسانية :

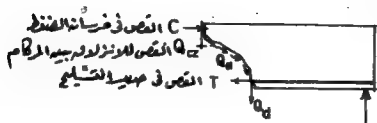
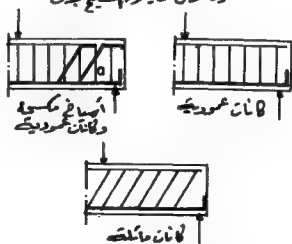
● قصور التصميم الإنشائي : يعتبر القصور التصميمي الإنشائي من أهم أسباب حدوث العيوب بالعناصر الإنشائية للمنشآت الخرسانية وتختلف درجة التأثير ابتداء من انتشار الشروح الشعرية إلى الشروح المتوسطة والكبيرة ونهاية الانهيار الكامل ، ويرجع القصور في التصميم إلى أحد الأسباب التالية :

أ) عدم اتباع اشتراطات المواصفات القياسية والقواعد التطبيقية لتصميم وتنفيذ الخرسانة المسلحة خاصة في حساب الأحمال المرض لها المبنى والإجهادات الناتجة عن هذه الأحمال والإجهادات المفروضة أن تتحملها القطاعات الخرسانية بأمان كاف والمحددة في المواصفات القياسية . والرسومات التالية تبين



شكل التوزيع المائل في الكمرات

- ب ( اختيار نظام إنشائي غير مناسب لتوصيل الأحمال بطريقتة واضحة حتى تنسحب الأساسات .
- ج ( الخطأ في الحسابات الإنشائية .
- د ( إهمال عمل جسات بعدد كافٍ لتحديد خواص التربة ونوعية الأساسات المناسبة لهذه الخواص قبل البدء في اختيار نظام الأساسات المقترح .
- هـ ( عدم الاهتمام بتصميم ميدات قوية رابطة للأساسات وخاصة الميدات الرابطة لقواعد الجار .








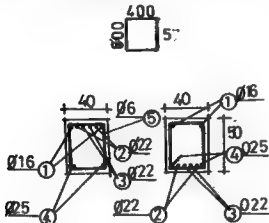
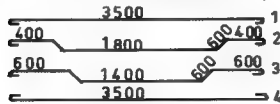
شكل التوزيع المائل في الكمرات

تعرضه للصدا من الجو المحيط به .

— شروح سبب التسليح غير الكافي والفاصل غير المكتملة :

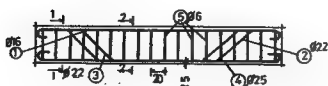
(١) على الرغم وما اشتهر عن زيادة نسبة التسليح في التصميم الإنشائي عن النسبة اللازمة إلا أن بعض الحالات تدل على حدوث تشققات سببها عدم قدرة التسليح على تحمل العزوم أو قوى القص التي تتعرض لها ولعل ذلك راجع إلى الخطأ البشري ويمكن أن يكون التصميم مثاليًا ولكن لم يعمل تفريد الحديد وأطواله وأماكته وعمل قطاعات تكفي للمنفذ وتعطيه صورة واضحة عن هذا التسليح والرسم التالي يبين طريقة تفريد الحديد والقطاعات والجداول لكثرة ذات ارتكاز بسيط .

| تفاصيل التسليح المقترح |   |             |                |             |                |                |
|------------------------|---|-------------|----------------|-------------|----------------|----------------|
|                        | بيانات التسليح  | الطول<br>mm | الارتفاع<br>mm | العرض<br>mm | الارتفاع<br>mm | الارتفاع<br>mm |
| 1                      |  | 16          | 380            | 2           | 7.6            | 2432           |
| 2                      |  | 22          | 425            | 2           | 8.5            | 808            |
| 3                      |  | 22          | 425            | 2           | 8.5            | 808            |
| 4                      |  | 25          | 400            | 2           | 8.0            | 792            |
| 5                      |  | 6           | 200            | 18          | 36.0           | —              |



قطاع ٢-٢ قطاع ١-١

شكل يبين جميع أنواع مفصلات الحديد والقطاعات والمفاصل



(١) في حديد (٢) في حديد (٣) في حديد (٤) في حديد

(٢) إهمال بعض الأحمال التي قد يتعرض لها المبنى مثل تأثير الرياح والزلازل وغيرها من العوامل الطبيعية .

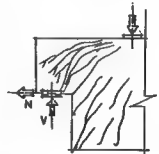
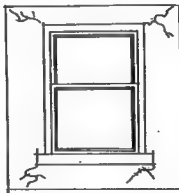
(٣) الإهمال في تصميم فواصل التمدد والانكماش والمبوط والفاصل الإنشائية .

(٤) إهمال الظروف المحيطة بالموقع والتي قد تؤثر على التصميم مثل منسوب ونوعية أساسات المباني المجاورة والتغير المنتظر في منسوب المياه الجوفية .

وستعرض لبعض الأشكال الناتجة عن سوء التصميم :

### ● تشققات الأركان والزوايا :

تعتبر هذه الأماكن موقعاً مميزاً لتركيز الإجهادات ، ولذلك فهي موضع رئيسي لبداية التشققات وسواء كانت الإجهادات مرتفعة بسبب التغيرات الحجمية أو الأحمال التي تقع في مستوى واحد مع العضو in plane أو من العزوم فعل المصمم أن يأخذ في اعتباره هذه الإجهادات المرتفعة ويضع لها التسليح المناسب حتى تبقى هذه الشقوق الخفية في أضيق حد ممكن وبين الشكل التالي مثالين لما يمكن أن يحدث في أركان الجسور وضخات التوافذ وما تجدر الإشارة إليه أن مثل هذه التشققات يمكن أن تحدث في البلاطات والجسور أيضاً إذا جرى عمل ضخات كبيرة بجاري التكيف ونحوها ولم تزود بالتسليح المناسب واللازم .



أعمود تسليح في جدران شرف في الزوايا

### ● شروح نتيجة لضعف الخلطة الخرسانية :

إن ضعف الخلطة الخرسانية يكون إما بسبب استخدام ركام غير مطابق للمواصفات في خواصه أو تدرجه وإما بسبب قلة نسبة الأسمت في الخرسانة وفي أي حالة من تلك الحالات تنتج لدينا خرسانة ذات قوة مقاومة ضعيفة للضغط ويمكن علاج هذه الحالة عن طريق حقن الخرسانة إما باستخدام مونة أسمتية غنية أو استخدام مواد سريعة بولمرية ملء الفراغات الموجودة داخل الخرسانة وبالتالي زيادة مقاومتها للضغط وزيادة تحملها للقوى المعرضة لها والتأكد من تغطية حديد التسليح وعدم

(د) تؤخذ وتحقق أبعاد الجوار من الرسومات المعمارية .  
(هـ) عمق التأسيس ومنسوب ظهر الميدات بحسب القطاع  
المودجى لقواعد الأعمدة .

(و) الأربطة في جميع الأعمدة  $40 \times 25$  م وتكون كالشكل التالى:

في الأعمدة بقطاع  $40 \times 25$  سم أو أقل .



في الأعمدة بقطاع  $40 \times 25$  سم  
وحى  $60 \times 30$  سم.

في الأعمدة بقطاع  $70 \times 25$  سم فأكثر .

(ز) طول الأضراس للأعمدة لا تقل عن ٤٠ مرة قطر السيخ .

(ح) يراعى ترحيل الأعمدة عن محاور المباني على الرسم قبل  
البداية في التنفيذ لضمان محور القاعدة مع محور العمود .

### ملاحظات خاصة بالأدوار المكررة :

(١) يجب ذكر مقدار الحمل الحى والميت التى تم على أساسه التصميم .

(٢) تحديد شكل جميع البلاطات مبين عليها داخل دوائر .

(٣) يراعى فى جميع البلاطات أن يكسح سيخ ويترك الآخر  
على التوالى ابتداء من خمس البحر ويستمر السيخ المكسح إلى  
ربع البحر الجاور من الجهتين .

(٤) فى البلاطات الطرفية يراعى أن يكون التكسح على  
مسافة ٢٠ سم من وجه جنب الكمرة الداخلى .

(٥) فى البلاطات البارزة على شكل كابولى يراعى أن تمتد  
أسياس تسليحها العلوى لمسافة لا تقل عن بروز البلاطة مقاساً  
من وجه الكمرة الداخلى .

(٦) يراعى وضع مواسير تمرير أسلاك الكهرباء قبل صب  
الخرسانة ولا يسمح بالتكسير فى الخرسانة بعد إتمام الصب .

(٧) فى الكمرات المستمرة يراعى أن تمتد أسياس تسليحها  
للمكسحة إلى ربع البحر الجاور من الجهتين أما فى الكمرات  
المستمرة والتي ليس لها أسياس مكسحة يراعى أن تستمر أسياس  
تسليحها إلى ربع البحر الجاور من الجهتين .

(٨) الكمرات البارزة على شكل كابولى يراعى أن تمتد  
تسليحها العلوى لمسافة لا تقل عن بروز الكابولى مقاسة من  
الوجه الداخلى لنقطة الارتكاز (العمود) ما لم يذكر خلاف  
ذلك على الرسومات .

(٩) يراعى ألا يقل طول وصلات أسياس التسليح فى منطقة  
(الشد) عن ٦٠ مرة قطر السيخ ولا تقل بأى حال عن  
٦٠ سم مهما كان قطر السيخ وفى منطقة الضغط لا يقل طول  
الوصلة عن ٤٠ مرة قطر السيخ ولا يقل عن ٤٩ سم .

### ● شروخ بسبب إعاقة الحركة :

قد تتعرض الخرسانة بطبيعتها من المواد التى يتغير حجمها  
لعدد من العوامل مثل الزحف وفروق درجات الحرارة

(٢) إن قلة نسبة الحديد داخل الخرسانة عن تلك المفروضة  
لمقاومة الأحمال المؤثرة على القطاع الخرساني قد تسبب حدوث  
شروخ ظاهرة فى الخرسانة وهناك بعض الأمثلة لحالات ظهور  
الشروخ فى القطاعات الخرسانية فقد تكون نتيجة لنقص جمد  
التسليح الموجود فى اتجاه الشد فى الخرسانة أو عدم وضع حديد  
تسليح كاف لمقاومة قوة القص فى الكمرات أو عدم وضع  
الكتانات على مسافات مضبوطة فى حالة الكمرات أو الأعمدة  
وتعتبر هذه هى الحالات الأكثر شيوعاً فيما تم دراسته من  
حالات التصدعات فى المباني .

(٣) ومن أمثلة ذلك تسليح عضو تسليحاً خفيفاً لأنه عضو  
غير إنشائي وقد يكون مربوطاً بالهيكل الخرساني بطريقة تجبره  
على حمل جزء من الإجهادات وهو فى الواقع لا يتحمل هذا  
الإجهاد لقلة تسليحه بالإضافة إلى الكوابل القصيرة عندما لا  
تصمم على القوى الأفقية المتولدة من الاحتكاك فيضع كانات  
غير كافية ويحدث شروخ القص وكذلك يحدث فى كراسى  
كمرات الكبارى فالركائز المتحركة فى الكبارى تصبح غير قابلة  
للحركة مع الوقت بفعل الصلداً والأثرية وعندئذ تتولد قوى  
جانبيهة تؤدى إلى وجود القص .

(٤) ويمكن علاج قلة الحديد فى اتجاه الشد للكمرات إما  
بإضافة حديد تسليح للكمرات عن طريق عمل تحشيش فى الخرسانة  
القديمة وإضافة بعض أسياس التسليح وتثبيتها فى الكمرات بصب  
خرسانة جديدة وبذلك يتم تزييط حديد التسليح المضاف إلى  
قطاع الكمرات القديم فيزداد بالتالى عمق الكمرات كما يزداد  
تسليحها بالنسبة المطلوبة عن طريق حساب قطاع الكمرات  
للصحيح اللازم لمقاومة الأحمال المؤثرة على الكمرات - ويمكن  
استبدال حديد التسليح المضاف إما بشرائح من الصلب أو  
بالمواد الأيوكسية الحديثة .

أما فى حالة ظهور الشروخ نتيجة لقلة الحديد المكسح للمقاوم  
لقوة القص بالخرسانة فإن علاجها يكون إما بإضافة كانات  
للقطاع أو إضافة أسياس مكسحة فى جوانب الكمرات ثم صب  
خرسانة جديدة حولها بعد تحشيش سطح الخرسانة القديمة  
لحدوث قوة تماسك بين الاثنين وحتى يعمل القطاع كله على  
أنه وحدة واحدة متجانسة .

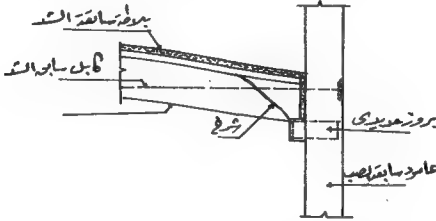
### ملاحظات عامة على الأساسات :

(أ) يجب ذكر عدد أدوار المبنى وهل يتحمل أدوار إضافية  
أم لا وكما عدد الأدوار .

(ب) جهد الضغط على الأرض .

(ج) يراعى أن تنطبق محاور الدكة والقاعدة المسلحة على  
محاور الأعمدة المقامة أعلاها .

والانكماش الناتج عن الجفاف ، وهذه قد تفوق أحياناً الإجهادات بسبب الأحمال ويقفل كثير من المهندسين عن وضع الفواصل في الأعضاء الإنشائية التي تيسر حركتها ضد التقلصات المختلفة فعمل سبيل المثال لا بد من وجود فواصل رأسية في الحوائط بحيث تكون المسافة بين الفواصل والآخر حوالي ضعف الدورانية .



### شكل يبين الصب على الحركة للسرايات الدورانية

ويجب عمل فواصل للصب وفواصل الانكماش ، وفواصل للتعدد .  
 ( أ ) فواصل الصب : يراعى عند عمل فواصل الصب الشروط والاحتياطات التالية :  
 (١) أن تكون الفواصل في الكمرات والبلاطات عند مواقع القيم الدنيا لقوى القص ما أمكن أو عند نقط انقلاب العزوم المجاورة للركائز .  
 (٢) يجب أن يكون الفاصل متعامداً مع القوى الداخلية المؤثرة .  
 (٣) تعمل الفواصل بين الكمرات العميقة أو المقلوطة والبلاطات المتصلة بها عند مواقع هذا الاتصال مع مراعاة صب مشاطف البلاطات إن وجدت مع البلاطات .  
 (٤) يفضل أن يحدد المهندس المنفذ فواصل الصب مسبقاً على اللوحات التنفيذية مع مراعاة إيضاح حديد التسليح اللازم لنقل قوى القص والشد الرئيسية عند الفواصل وذلك لإمكان عرضها على المهندس للمصمم إذا لزم الأمر .  
 (٥) عند استئناف صب الفواصل الأخيرة ( بعد أكثر من يوم ) ينحت سطح الخرسانة جيداً لإظهار الركام الكبير ثم ينظف السطح حتى تزال البقايا والمواد السائبة ثم يغسل بالماء حتى التشبع وترش طبقة من الأسمنت البلى أو دهانات زيادة التماسك بين الخرسانة القديمة والجديدة .

( ب ) فواصل الانكماش : في حالات المسطحات الواسعة التي تتطلب عمل فواصل انكماش بها لتفادي حدوث تشققات مثل أرضيات المصانع والجراجات وغيرها تقسم تلك المسطحات إلى مجموعة من الأجزاء لا يتجاوز أكبر بعد فيها ٢٥ متراً ثم تصب أولاً الأجزاء الفردية أو الزوجية وبعد مضي أسبوع على الأقل يستكمل تبادلياً صب باقي الأجزاء مع عمل فواصل بين المساحات الفردية والزوجية بعرض ٢ سم على الأقل يملأ بعد الصب بالبيتومين أو أى مادة مماثلة والرسومات التالية تبين بعض أنواع الفواصل للطرق وللدرابى والأسقف والحوائط .

# أنواع الفواصل

expansion joint



الفصل

الفصل = 100 x درجة الحرارة للسين  
أو استشار في معامل تمدد المادة

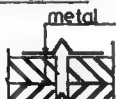


يستعمل في الجدران المتحركة



يستعمل في الطرق المزدوجة

## a - PARAPETS



مقطع أخفى للدرية



فصل لليونز لدرية

## b - ROOFS



فصل لكونكريت غير مسلح



فصل لليونز لدرية غير مسلح



فصل لليونز لدرية

## c - WALLS



فصل لليونز لدرية أو أرضيات

expanding metal



فصل في كتلة خرسانية

fixed end



فصل معدني

## d - FLOORS

cover plate fixed at one end



فصل على عمود

conc. floor slab



فصل للبريكل المعدني واليونز لدرية

فصل في أرضية مبان أو خرسانية عادية

- (٣) قلة كفاءة الشدات الخشبية للخرسانة مما يسبب عدم تحملها لأحمال الخرسانة والعمالة أثناء عملية الصب .
- (٤) سرعة فك الشدات الخرسانية قبل وصول مقاومة الخرسانة للإجهادات المناسبة للأحمال الموجودة .
- (٥) إهمال اختبارات الجودة للخرسانة مثل تحديد درجة سيولة الخرسانة وتحديد مقاومة الانضغاط للمكعبات القياسية .
- (٦) عدم الاهتمام بمعالجة الخرسانة بطريقة صحيحة ولمدد كافية .
- (٧) تسهيل عملية الدمك بإضافة كميات إضافية من الماء أثناء عملية الصب مما يضعف مقاومة الخرسانة .
- (٨) إهمال معالجة فواصل الصب بالطريقة الصحيحة .
- (٩) إهمال عمل لوح لفواصل حديد التسليح .
- (١٠) تنفيذ الغطاء الخرساني بسمك أقل أو أكثر من اللازم .

#### ● عيوب مكونات الخرسانة :

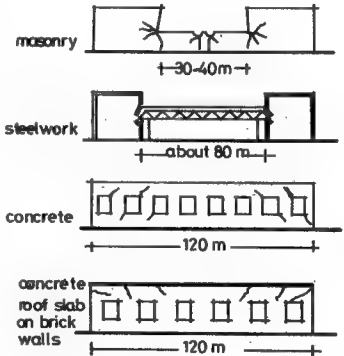
- (١) استعمال ركام غير منترج أو يحتوي على مواد ناعمة أكثر من النسبة المسموح بها أو أملاح تؤثر على تحديد التسليح .
- (٢) إهمال غسيل وهر الركام للتخلص من الأملاح والمواد الناعمة .
- (٣) استعمال أسمنت غير معلوم المصدر أو تاريخ الإنتاج .
- (٤) استعمال أنواع غير مناسبة من الأسمنت كاستعمال الأسمنت الحديدي في أعمال الخرسانة المسلحة واستعمال الأسمنت سريع الشك في الأجواء الحارة .
- (٥) استعمال مياه غير مناسبة للخلطات الخرسانية مثل مياه البحر والمياه الراكنة .
- (٦) عدم الاهتمام باختبارات ضبط الجودة للمواد المستعملة في الخرسانة مثل :
  - (أ) التحليل الكيميائي لمياه الخلط .
  - (ب) اعتبار صلاحية الأسمنت .
  - (ج) اختبار التلجج الحبيبي وعجوى المواد الناعمة للركام .
  - (د) اختبار عجوى الأملاح ومقاومة الانضغاط للركام .
  - (هـ) اختبار الشد والمرونة لحديد التسليح .

#### ١١ - إهمال العزل المائي والحراري أو استعمال الأنواع التقليدية من العزل ذي الكفاءة المنخفضة .

- (١) يؤدي إهمال العزل المائي للأسطح النهائية وجدران المياه والأساسات خاصة في حالة لارتفاع منسوب المياه الجوفية واحتوائها على نسب عالية من الأملاح الضارة إلى تسرب المياه داخل الخرسانة ووصولها إلى حديد التسليح مما يسبب صدأ الحديد وتآكله بالكامل وسقوط الغطاء الخرساني وفي النهاية

- ويجوز صب كامل المسطحات والأرضيات الكبيرة دفعة واحدة بشرط اتباع نفس الخطوات السابقة وعمل فواصل مرتنة بين الأجزاء تسمح بحرية حركة الخرسانة في هذه الأجزاء .
- (ج) فواصل التمدد : تكون المسافة القصوى بين فواصل التمدد للمنشآت العادية كما يلي :
  - من ٤٠ إلى ٤٥ متراً في المناطق المعتدلة .
  - من ٣٠ إلى ٣٥ متراً في المناطق الحارة .
 ويمكن أن يسمح بزيادة هذه المسافات بشرط الأخذ عند التصميم تأثير عوامل التمدد والانكماش والزحف .
- وفي حالة الأعمال الكتلية كالخوارج السائنة والأسوار يجب ترتيب الفواصل على مسافات أقل وإذا زادت الأبعاد عن ما سبق ذكره يتم التشريع للمباني المكونة من مواد مختلفة وذلك لاسترشاد كما بالرسم التالي .

#### الدسباب التي تؤدي للشروع في نتيجة عدم فواصل التمدد والانكماش



#### ١٠ - شروخ ناتجة عن أخطاء التنفيذ وسوء الاستعمال :

##### ● قصور طريقة التنفيذ :

- (١) عدم الاهتمام بعمل تصميم محلي للخلطات الخرسانية باستعمال نفس المواد المستعملة في الموقع .
- (٢) عدم استعمال المعدات الحديثة في خلط وصب ودمك الخرسانة .

٢) تعرض الأسطح الخرسانية للاحتكاك والبرى والصدم الناتج عن استعمال المعدات الميكانيكية خاصة في أراضي المصانع والجراجات .

٣) تأكل الأرضيات الخرسانية بالمواد الكيميائية المستعملة في مصانع الأمثلة والمواد السكرية المستعملة في مصانع الأغذية وكذلك هبوط الأرضيات كما في الشكل التالي (أ) .

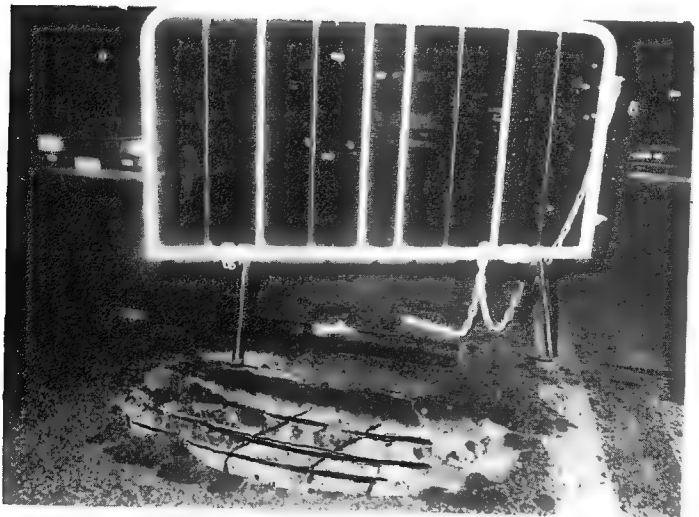
قد يؤدي إلى انهيار العنصر الخرساني بالكامل .  
لذلك يجب الاهتمام بالعزل كأحد المسببات الرئيسية لمعظم العيوب التي تحدث في المنشآت الخرسانية .

٢) كذلك يؤدي عدم وجود عزل حراري مناسب للأسطح النهائية إلى زيادة تمدد وانكماش العناصر الخرسانية للأسقف مما يسبب حدوث إجهادات زائدة لهذه العناصر تؤدي في النهاية إلى حدوث الشروخ والانفصال بين الحوائط والميكل الخرساني .

وسيم الدراسة بالباب السابع خاص للعزل المائي والحراري وتخفيض المياه الجوفية .

١٢ - تعرض المنشأ لعوامل لم تؤخذ في الاعتبار عند التصميم :

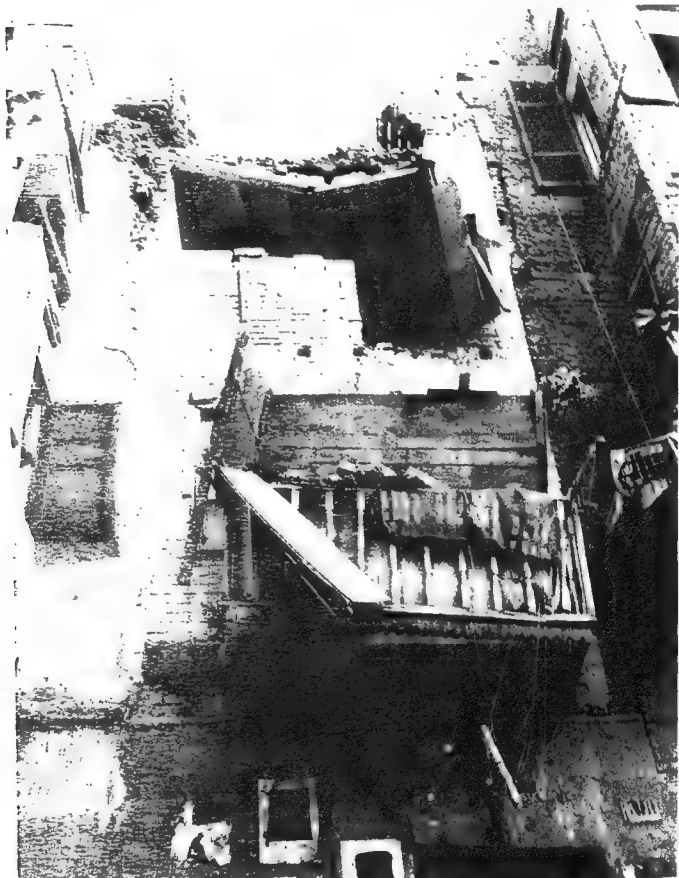
١) تأكل الخرسانة وصداً حديد التسليح الناتج عن الغازات الضارة المتوفرة في الأجواء الصناعية .



شكل (أ) بين هبوط أرضية من الخرسانة المسلحة وظهور حديد التسليح .



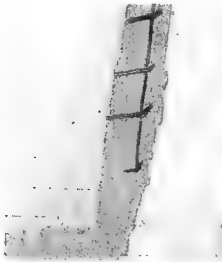
٤ ( تغير منسوب المياه الجوفية .  
٥ تعرض المنشأ للزلازل والحفرات الأرضية كما في الشكل التالي (ب).



شكل (ب) بين تعرض المبنى للزلازل الحادث في ١٢ أكتوبر سنة ١٩٩٢

- ٦ ( التضرر في استعمال المنشأ الخرساني مما يغير في الأحمال التصميمية للمنشأ .
- ٧ ( زيادة ارتفاع المباني عن الارتفاع المحدد أثناء التصميم .
- ٨ ( استخدام أنواع من الأساسات في المباني المجاورة تؤثر على سلامة المبني .
- ٩ ( والرسم التالي يبين :
- أ ( تراكم الصدأ على الجزء الساقط من العמוד بسبب مياه الغسيل .

- ب ( تراكم الصدأ على العמוד بسبب تسرب مياه من مواسير الصرف والتفنية .
- ج ( تراكم الصدأ على العמוד بسبب مد وجزر المياه الجوفية بالبدروم وتوقف الصدأ على ارتفاع ٧٠ سم .
- د ( لم يصب العמוד شيء لحلطة الخرسانة الجيدة ومعالجتها بمواد كيميائية تزيد من متانتها .



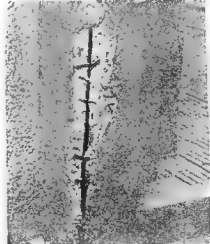
( ب )



( ٢ )



( ٤ )



( ح )



شكل بين صلب حول العمود وتنظيفه لإعادة ترميمه . شكل بين تشققات ظاهرة في أحد الأعمدة والبدروم أسفل



شكل بين تدعيم هذا العمود بعمل تاج هرمي بحيث يتم الإستناد الكامل لكمرات وبلاطة الأسقف

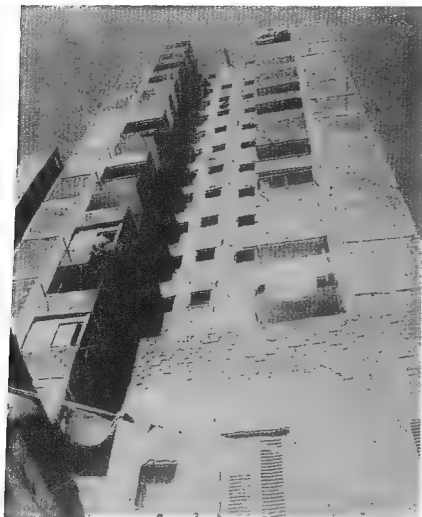
شكل بين تصدع العمود مما أضعفه بشكل كبير



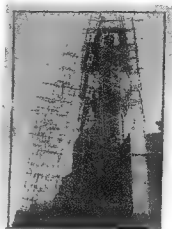
صورة لعمود تأثر في مبنى وبالق الأعمدة لم تأثر وذلك لسوء تنفيذ هذا العمود



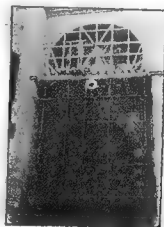
شكل لرقبة عمود متأكدة لوجود مياه كبريتية وعدم استعمال مقارم للكبريتات وأخرى سليمة في مبنى واحد للاختلاف بالخلطة الخرسانية



عمارة برج السيوف بالاسكندرية مالت مائلاً شديداً نتيجة  
عدم انتظام جهد التربة أسفلها وتسببت فى اختلالها



تدعيم مسجد محمدية بالقلعة  
لترميمه بعد الزلزال



تدعيم مسجد الكفيا بميدان الأوبرا  
لترميمه بعد الزلزال



صورة تبين عمارة مصر الجديدة نتيجة زلزال ١٢ أكتوبر  
بسبب خطأ التصميم وسوء التنفيذ .



تدعيم مسجد القصاصين بالأزهر  
لترميمه بعد الزلزال

الصغيرة إلى المتوسطة عدم الاهتمام بالدمك والتكثيف الجيد للخرسانة فكثيراً ما يهمل الدمك وأحياناً لا تكون هناك أجهزة احتياطية للدمك وتخضع عملية الدمك للمواصفات التالية :

— **دمك الخرسانة :** تشمل عملية الدمك الفرز والمزج وتتناسب الخلطة الخرسانية حول حديد التسليح وفقاً للقلب للمنسوب المطلوب . ويجوز الدمك يدوياً إذا لم ينص على استعمال الوسائل الميكانيكية مثل المزرات الفاطسة ( الداخلية ) أو مزرات القالب ( الخارجية ) أو مزرات السطح وعلى العموم فإنه يفضل استخدام المزرات الميكانيكية ويلزم لمن يقوم بعملية الدمك شخص متخصص مدرب بحيث يتوقف عن الدمك بعد الانتهاء من ظهور فقاعات الهواء . ويجب عدم لمس المزرات الداخلى لحديد التسليح أثناء الدمك ويراعى ألا يتسبب الصب والدمك بأى حال من الأحوال في قلقله الخرسانة السابق صبا أو زحزحة أسياخ التسليح أو إحداث تغير في مقاسات القوالب .

كما أنه لوحظ أن المزاز المستخدم لا يكون مقاسه وذيبنه مناسبين لنوع الخلطة وقوامها ، ولا تستخدم عادة التقنية الحديثة باستعمال المز الزدوج الخارجى والداخلى في حالة التسليح المكثف والأعضاء النحيفة أو إعادة الدمك لإزالة التشققات المبكرة وتقوية مقاومة السطح وكثيراً ما نلاحظ فواصل في الأعضاء الخرسانية بسبب عدم دخول المزاز إلى الطبقة السابق دمكها فيظهر فاصل عند كل طبقة من الطبقات وتؤدي كل هذه العوامل مجتمعة إلى نقص الخرسانة بمقدار قد يصل ٥٠ ٪ .

#### ( ج ) عدم الاهتمام بالمعالجة :

يزيد إهمال المعالجة من إمكانية حدوث التشققات في المنشآت ، ووقف المعالجة مبكراً يؤدي إلى حدوث انكماش كبير في وقت تكون فيه الخرسانة ضعيفة المقاومة كما أن عدم الاهتمام بالمعالجة الجيدة يساعد على توقف التفاعل ويبقى جزء من الأسمنت دون إماعة وهذا يؤدي إلى عدم وصول الخرسانة إلى مقاومتها المطلوبة حتى بعد مرور زمن طويل . ويجب معالجة الخرسانة ووقايتها على الأسس الآتية :

( ١ ) تلزم معالجة الخرسانة في درجة حرارة لا تقل عن عشرة درجات مئوية على أن تكون في حالة رطبة تماماً للفترة الزمنية التالية .

( أ ) ٧ - ١٥ يوم في حالة استخدام أسمنت بورتلاندى عادى .

( ب ) ١٠ - ١٥ يوم في حالة استخدام أسمنت سريع التصلد أو في حالة استخدام إضافات معالجة .

وفي حالة عدم اتباع المعالجة الرطبة يسمح باستخدام

### ١٣ - شروح نتيجة قللة القطاع الخرساني عن القطاع التصميمي :

في هذه الحالة يمكن زيادة قطاع الككرة أو العمود عن طريق عمل قميص من الخرسانة حول القطاع الفعل الغير قادر على مقاومة الأحمال المعرض لها ويكون ذلك بإضافة حديد التسليح حول قطاع الككرة ثم صب خرسانة جديدة لزيادة القطاع وربطها بالخرسانة القديمة إما باستخدام خرسانة عادية أو استخدام المواد البوليمرية الجديدة أو استخدام مادة لاصقة من المواد البوليمرية لربط الخرسانة القديمة بالخرسانة الحديثة . وحساب القطاع الجديد على أن يقاوم الأحمال المعرض لها الككرة أو العمود .

### ١٤ ÷ أسباب مجتمعة تسبب الشروح وضعف الخرسانة ناتجة عن التنفيذ :

وسنختار عدة أسباب لمعرفة أخطاء التنفيذ وهي كالتالي :

#### ( أ ) الماء : إضافة الماء :

في مقدمة الأخطاء الشائعة في التنفيذ إضافة الماء إلى الخرسانة أثناء عملية النقل والصب ، فنتجاً يتجزأ جزء من ماء الخرسانة ويصعب تشغيلها ، يعتمد العمال إلى إضافة الماء إليها لتحسين قابليتها للتشغيل . فإساءة الإضافى يضيف من مقاومة الخرسانة ، ويساعد على زيادة الهبوط ، وزيادة الانكماش الناتج عن الجفاف . وإذا ما صاحب زيادة الماء زيادة في كمية الأسمنت لتعويض النقص في المقاومة فإن هذا يعنى زيادة في فروق درجة الحرارة بين الأجزاء السطحية والداخلية للمنشأ ، وهذا يؤدي إلى زيادة في الإجهادات الحرارية وزيادة في التشقق .

ولذلك يجب استعمال الجردل الخروطى الناقص المفتوح من القاعدتين وقاعدته السفلى بقطر ٢٠ سم والعليا بقطر ١٠ سم والارتفاع ٢٠ سم وله يد يمكن رفعه بواسطة ، وتصيب الخرسانة بمزوجة بالماء داخله على أربع دفعات وتقلب في كل دفعة ٢٠ مرة بواسطة سيخ حديد بطول ٦٠ سم وقطره

٨ بوصة بنهاية محبة وبعد ملئه تماماً يزال الجردل مباشرة برفعه رأسياً إلى أعلى ويقاس هبوط الخرسانة من ارتفاعها الأصل ، ويجب ألا يزيد عن ٥ سم للقطاعات من الخرسانة المسلحة . وعموماً يجب أن يكون وزن المياه المستعملة في الخرسانة مساوياً إلى نحو ٤٠ ٪ من وزن الأسمنت الداخلى في الخرسانة .

#### ( ب ) عدم العناية بالدمك الجيد والمقاسب :

ومن الأخطاء الشائعة التي لمساتها في كثير من المشروعات .

المصنع. وفى حالة تخزينه يراعى حمايته بطريقة فعالة من المطر وضد رطوبة الهواء والأرض وأن لا يستخدم أى أسمنت بدأت تتكون فيه حبيبات أو كتل متصلة. ويمكن استعمال مثل هذا الأسمنت فى أعمال الخرسانات العادية أو المبانى بعد غلته وإزالة ما به من كتل دون تفتيتها.

والأهمية ما يجب مراعاته عند تخزين الأسمنت البورتلاندى بموقع العمل خصوصاً لأعمال الخرسانات المسلحة يجب أن نذكر أن الرطوبة الموجودة فى الجو تؤثر على قوة الأسمنت الذى يصير تخزينه فى الموقع شكاير من الورق وذلك رغم ما يؤخذ من احتياطات فى تخزينه تحت مظلات أو غطاءات من الأقمشة العازلة للرطوبة وقد وجد بالتجربة أن الأسمنت الذى يصير تخزينه فى الموقع بالحالة الموضحة عليه تتناقص قوته بمقدار حوالى ١٥ ٪ بعد ثلاثة شهور من تخزينه، ٢٠ ٪ بعد ستة شهور من تخزينه وقد تصل هذه النسبة إلى ٥٠ ٪ أو أكثر بعد سنة من تخزينه حسب حالة الجو وتشبعه بالرطوبة. هذا مع العلم بأن الأسمنت سريع التصلب يتأثر بالتخزين أكثر من الأسمنت البورتلاندى.

ويجب عند تخزين الأسمنت أن توضع الشكاير فى صفوف مستقيمة ومتلاصقة وارتفاع لا يزيد عن عشرة شكاير فوق بعضها وأن يراعى استعمال الأسمنت أولاً بأول حسب وروده للموقع.

( ٤ ) أن تكون كمية الأسمنت الداخلة فى الخرسانة كافية لتغليف أوجه كسر الحجر أو الزلط وحبيبات الرمل تغليفاً كاملاً وليس قفاضاً وذلك تمام تماسك جزئيات الخرسانة فى حالة الأولى ولعدم تعرضها لتهدد وانكماش زائد عن اللازم مما يعرض جزئياتها للتشقق فى حالة وجود فائض من الأسمنت.

( ٥ ) أن تكون المياه اللازمة لخلط الخرسانة أقل ما يمكن للحصول على خرسانة متجانسة اللون وجميع حصائها مغطى بالمونة وبسهولة الصب فى مواضعها. حيث أن قلة المياه المستعملة فى خلط الخرسانة تجعلها ذات مسام وجزئياتها غير مندمجة فى بعضها تماماً مما يضعف قوتها. كما أن كثرة المياه المستعملة فى خلط الخرسانة عن اللازم يقلل من قوتها، ويزيد من المدة اللازمة للشك الابتدائى لها كما يزيد فى معامل انكماشها وتكون النتيجة حدوث تشققات فيها.

وقد دلت التجارب العملية على أن الخرسانة تعطى أكثر مقاومة للضغوط المعرضة لها إذا كان وزن المياه الداخلة فى خلطها يساوى ٣٠ ٪ من وزن كمية الأسمنت المستعملة فى تكوين الخرسانة. إلا أن اتباع هذه النسبة من المياه فى مزج الخرسانة عملياً يجعل الخرسانة صعبة التشغيل *Workability* والتشكيل. كما تحتاج لعناية كبيرة فى عملية دمكها فى مواضعها

مركبات معالجة معتمدة ترش ميكانيكياً بصورة متصلة لضمان تغطية سطح الخرسانة بصورة كاملة لحمايتها من فقد ماء الخلط.

كما يمكن استخدام المعالجة بالخيار أو غيره.

( ٢ ) يجب وقاية الخرسانة حديثة الصب من المطر والجفاف السريع وخصوصاً فى حالة الجو الحار أو الجاف أو العاصف وذلك بتغطيتها بأغطية مناسبة من وقت انتهاء صب الخرسانة إلى الوقت الذى يصبح فيه السطح صلباً بدرجة كافية بحيث يمكن معالجته بطرق المعالجة المختلفة.

( ٣ ) يجب ألا تتعرض الخرسانة المسلحة أثناء معالجتها لماء يحوى أملاحاً ضارة.

( ٤ ) يجب ألا تتعرض الخرسانة لأية أحمال مثل ضغط الماء الجوى أو ردم ترابى لأسيما المشيع بالماء إلا بعد أن تصل مقبومة الخرسانة إلى مقاومتها المقررة.

### ١٥ - استعمال مواد غير مطابقة للمواصفات :

العوامل التى تؤثر على قوة الخرسانة: يحظر استعمال مواد غير مطابقة للمواصفات مثل استعمال الركام وماء الخلطة الذين يحتويان على نسبة عالية من الكبريتات والكورويدات ومن أسباب التصدع الشائع هو احتواء الماء والمواد على نسب عالية من الأملاح والكبريتات.

وتتوقف قوة الخرسانة ومقاومتها للأحمال والعوارض الجوية المعرضة لها على ما يأتى :

( ١ ) أن يكون كسر الحجر أو الزلط والرمل الداخلى فيها صلباً نظيفاً خالياً من التربة والمواد العضوية والأملاح وغيرها مما يؤثر فى متانة الأسمنت أو يكون خالياً بين تماسك الأسمنت والأسطح الخارجية للركام. كما يجب أن تكون الركام المستعملة فى الخرسانة جافة تماماً.

وفى حالة استعمال كسر حجر أو طوب أو أى ركام أخرى مسامية فيجب أن تكون منفذة بالمياه وليست مبللة حتى لا تشرب أسطحها المياه المستعملة فى مزج الخرسانة.

( ٢ ) أن يكون كسر الحجر أو الزلط وحبيبات الرمل متدرجة الأحجام وبحيث يملأ الأسمنت فراغات بين الرمل ويملأ الأسمنت والرمل فراغات كسر الحجر أو الزلط. وذلك لجعل الفراغات بين جزئيات هذه المواد أقل ما يمكن. وأيضاً لإمكان الحصول على خرسانات كثيفة غير قابلة لانفصال جزئياتها *segregation* وفى الخرسانات ذات الأهمية يجب على المهندس الإنسان أن يبين أفضل منحنى ممكن لتدرج الركام والمواد المكونة للخرسانة.

( ٣ ) أن يكون الأسمنت المستعمل من الوارد حديثاً من

عما لا يمكن عمله في كثير من الأحيان . وتكون النتيجة عدم اندماج جزئيات الخرسانة واحتوائها على فراغات ( تمشيش ) تضعف من قوتها .  
وللحصول على معرفة أقل كمية من المياه اللازمة لمزج الخرسانة لتكون متائلة اللون وجميع حصصها مغطي بالمونة وسهلة التشغيل ، يمكن استعمال الجردل الزنك الخروطي الناقص المفتوح من القاعدتين وقطر قاعدته العليا ١٠ سم وقطر القاعدة السفلى ٢٠ سم وارتفاعه ٣٠ سم وله يذان جانبيتان يمكن رفعه بواسطة رأسيها . وتصب الخرسانة المزوجة بالماء داخل هذا الجردل وهو في وضع أفقي تماماً على أربعة دفتات ويصير غزغة الخرسانة في كل دفعة عشرين مرة بسبخ حديد قطر ١٦ مم وطول ٦٠ سم وبنهاية غدبة وبعد ملئه تماماً يرفع الجردل رأسيًا إلى أعلا ويقاس مقدار هبوط الخرسانة عن ارتفاعها الأصلي . وقد وجد بالتجربة ما يأتي :

إذا كان المبوط من ١ : ٢,٥ سم تعتبر درجة التشغيل للخرسانة منخفضة جداً وتصلح هذه الخرسانة للطرق مع استعمال الحزازات الميكانيكية الآلية .

وإذا كان المبوط من ٢,٥ : ٥ سم تعتبر درجة التشغيل للخرسانة منخفضة وتصلح للطرق باستعمال حزاز ميكانيكي بدوي أو للخرسانة المستعملة في الأساسات بتسليح بسيط .

وإذا كان المبوط من ٥ : ١٠ سم تعتبر درجة التشغيل للخرسانة متوسطة وتصلح للأسقف المسلحة والخرسانة العادية التي تغزغ وتذك باليد وكذلك تصلح للخرسانة الكثيفة التسليح والتي يستعمل فيها حزازات ميكانيكية .

وإذا كان المبوط من ١٠ : ١٧ سم تعتبر درجة التشغيل للخرسانة عالية وتصلح للخرسانة الكثيفة التسليح بدون استعمال حزاز .  
وليكن معلوماً أن هبوط الخرسانة في التجربة السابقة يتأثر أيضاً بكيفية تدرج الركام المستعملة في الخرسانة وحدة زواياها ونعومة الأسمنت المستعمل فيها .

٥ ومن المفيد هنا أن نذكر أن تدرج الزلط والرمل حسب التكوين الموضح بالجدول الآتي يعطى نتائج حسنة لزيادة تحمل الخرسانة المسلحة .

أ) تدرج الركام في الخرسانة المسلحة ذات القطاعات الكبيرة والتي يصل فيها مقياس الزلط إلى ٢ :

| أحجام                   | ٢   | ١,٥ | ١   | ٠,٥ | ١/٨ |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                         |     |     |     |     |     |
| ٢                       | ١,٥ | ١   | ٠,٥ | ١/٨ | ١/٨ |
| ٢                       | ١,٥ | ١   | ٠,٥ | ١/٨ | ١/٨ |
| النسبة المئوية من الحجم |     |     |     |     |     |
|                         | ١٥% | ٢٠% | ٢٠% | ٢٠% | ٣٣% |

ب) تدرج الركام في الخرسانة المسلحة ذات القطاعات الصغيرة والتي يصل مقياس الزلط فيها إلى ١ :

| أحجام                   | ١   | ٣   | ١   | ١   | ١   |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                         |     |     |     |     |     |
| ١                       | ٣   | ١   | ١   | ١   | ١   |
| ١                       | ٣   | ١   | ١   | ١   | ١   |
| النسبة المئوية من الحجم |     |     |     |     |     |
|                         | ١٥% | ٢٠% | ٢٠% | ٢٠% | ٣٣% |



ومن الوجهة العملية وجد أن كميات المياه التي تستعمل في مزج الخرسانة تتراوح نسبتها بين ٤٠، ٥٥، ٥٥٪ من وزن الأسمنت الداخلة في تكوين الخرسانة حسب الأغراض المستعملة فيها حتى لا تؤثر كثرة المياه أو قلتها على صلابة الخرسانة المستعملة . وإذا وجد أن الخرسانة تحتاج إلى مياه أكثر للحصول على درجة التشغيل المطلوبة . فيمكن زيادة كميات الأسمنت الداخلة في تكوين الخرسانة مع إضافة المياه المناسبة لذلك في الحدود الموضحة أعلاه .

ولیکن معلوماً أن مواد الخرسانة المستعملة فيها كميات المياه بالنسبة للموضحة أعلاه يجب أن تكون جافة غير مبللة عند مزجها . وإذا كانت هذه المواد رطبة فيعمل حساب هذه الرطوبة وتقلل في مقابلها كمية المياه اللازمة للمزج . كما يراعى أن تقلل نسبة كمية المياه إلى كمية الأسمنت المستعمل في مزج الخرسانة عندما تستعمل المفراغات الميكانيكية في دكم الخرسانة عند صبها في مواضعها عنها في حالة عدم استعمالها والاكتفاء بالدمك البالد .

## ١٦ - أهم العوامل التي تؤثر على قوة الخرسانة ما يلي :

( أ ) المسامية : وهي النسبة الكلية للفراغات التي يمكن أن تشغلها الغازات أو السوائل في الخلطة الخرسانية . وهي تتناسب طردياً مع نسبة الماء / الأسمنت .

( ب ) النفاذية : وهي قدرة المادة المسامية على إمرار السوائل خلال شبكة مسامها . وتمتد هذه الخاصية أهم الخواص الطبيعية للخرسانة من حيث التأثير على تآكل حديد التسليح وتعتمد نفاذية الخرسانة على عدة عوامل أهمها نسبة الماء / الأسمنت في الخلطة حجم الركام المستخدم وتدرجه . المحتوى من الأسمنت . طريقة الدمج والمعالجة .

( ج ) سلك الغطاء الخرساني : أوصت بعض الدراسات بأن يقل سلك الغطاء الخرساني لحديد التسليح عن ٥ سم وسلك الغطاء الخرساني هو أحد العوامل المؤثرة على تدهور خواص الخرسانة والذي يقرر بالنفاذية حيث إن غطاء ذا سلك ٥ سم من خرسانة عالية النفاذية قد تقل وقايته لحديد التسليح عن تلك التي يكفلها غطاء ذو سلك ٥ سم من خرسانة ضعيفة النفاذية . ويوضح الشكل التالي أثر ضعف الغطاء الخرساني بالعمود على تصدع الخرسانة وبالتالي تعرض حديد التسليح للجو المحيط وزيادة تأكله .

( ٦ ) وللحصول على خرسانة متجانسة يستحسن كثيراً استعمال الخلاطات الميكانيكية لتقليب الخرسانة كلما أمكن . وفي حالة عدم وجود مثل هذه الخلاطات يجب تقليب الخرسانة ثلاث مرات على الأقل بالطريقة الآتية :

( أ ) يقلب الأسمنت فقط ( حسب النسبة المحددة في المواصفات ) على الناشف على طيلة جافة على حدة .

( ب ) تفرد المونة في أعلا كمية من كسر الحجر أو الزلط ( حسب النسبة المحددة في المواصفات ) ثم يقلب هذا الركام والمونة على الناشف بالكريك وذلك لتكوين خليط متجانس من المواد المكونة للخرسانة .

( ج ) ثم تبدأ التقليب الثانية للخرسانة مع رش الماء رزراً أثناء التقليب حتى يأخذ كل كريك ملان بالخرسانة مياهها المناسبة . ويجب أن لا يصب الماء صفاً من صفحة أو جردل حيث إن في ذلك ضياعاً لمياه كثيرة وخطراً لضياع الأسمنت من الخرسانة بغسله منها .

( د ) وتقلب الخرسانة للمرة الثالثة ويوضع عليها ما قد تحتاجه من المياه رشا حتى تكون بالمزج المناسب للعمل . وعندئذ تنقل إلى أماكنها ثم تصب وتغزغ جيداً في مواضعها دون أن تعرض لانفصال جزئياتها وعلى أن تم جميع هذه المراحل قبل حلول ميعاد الشك الابتدائي للأسمنت الداخلة في تكوين الخرسانة . ولأهمية تأثير كمية المياه التي تمزج بمكونات الخرسانة الداخلة فيها الأسمنت من ناحية مدة شكها وقوة تصلبها ومعامل انكماشها فإنه يجب مراعاة أن تكون نسبة المياه المستعملة في مزج كل خلطة من كميات الخرسانة التي تغط باليد واحدة حتى تكون الخرسانة الناتجة متجانسة وذات قوة واحدة . وهناك تجربة أخرى بدل تجربة الشروط الناقص تسمى تجربة معامل الدمك .

وتستعمل هذه التجربة جهازاً ضاغطاً وبه مؤشر بين درجات تشغيل الخرسانة .

فإذا أشار مؤشر الجهاز إلى رقم ٨٧، كانت درجة تشغيل الخرسانة منخفضة جداً .

وإذا أشار مؤشر الجهاز إلى رقم ٨٥، كانت درجة تشغيل الخرسانة منخفضة .

وإذا أشار مؤشر الجهاز إلى رقم ٩٢، كانت درجة تشغيل الخرسانة متوسطة .

وإذا أشار مؤشر الجهاز إلى ٩٥، كانت درجة تشغيل الخرسانة عالية .

وتستعمل الخرسانات ذات درجات التشغيل المختلفة التي يوضحها جهاز معامل الدمك في مثل الأغراض التي توضحها تجربة الشروط الناقص .

٠٦ - ٠١، ٠٠ م وهي قيم تتفق مع نتائج دراسات أجريت في دول أخرى من العالم وهذا المعدل يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند تصميم المنشآت الخرسانية المسلحة في المناطق الساحلية ، ويجدر الإشارة إلى أنه من أهم الأوساط المحيطة بالخرسانة والتي تؤثر بشكل كبير في خواصها المياه الجوفية وحركتها وتركيبها الكيميائي ، التربة الملحية والأجواء الصناعية .

#### ١٧ - أخطاء التسليح :

يعتبر التسليح أحد الركائز الأساسية في عدم ظهور التشققات فهو الذي يتحمل لإجهادات الشد وكثيراً من قوى القص ، ويساعد على التقليل من احتمال الانهيار وكذلك تؤدي أخطاء التسليح إلى تشققات مهمة وقد تكون خطيرة أيضاً وخاصة عندما تقترن مع أخطاء في تنفيذ الخرسانة تضعف الترابط بينهما ويجب أن يكون التسليح يخضع للمواصفات الآتية :

يراعى في حديد التسليح أن تكون الأسياخ قبل وضعها في أماكنها نظيفة من الشحم أو البوية أو قشور الصدأ أو أي شوائب أخرى . ويجب أن يقلل من وصلات الأسياخ بقدر الإمكان وعند وجود أي وصلات فيها يجب أن تكون خلف وخلاف أي أن توزع الوصلات ولا توضع في منطقة واحدة ، ويجب أن لا يقل ركوب الوصلة في الأسياخ عن ٤٠ مرة قطر السيخ في منطقة الشد ولا عن ٢٠ مرة قطر السيخ في منطقة الضغط وأن يزود السيخ بمجش في كل من نهايته . ويجب أن يراعى أن تكون أسياخ التسليح في أعمال الخرسانة المسلحة مغطاة بقشرة خارجية من الخرسانة بسلك لا يقل عن ١،٠ سم للبلاطات الداخلية ، و ١،٥ سم للكمرات والأعمدة الداخلية . وأما البلاطات والكمرات والأعمدة الخارجية فيجب أن لا يقل سمك القشرة الخرسانية الخارجية عن ٢ سم . ويجب أن لا يقل سمك القشرة الخرسانية للأساسات والخزانات عن ٣ سم . في الأعمال البحرية والخرسانات المعرضة لتأثير عوامل كيميائية يجب أن لا تقل سمك القشرة الخرسانية الخارجية التي تغطي أسياخ حديد التسليح عن ٤ سم إلى ٥ سم . ويجب أن لا تقل المسافة الخالصة بين أسياخ حديد التسليح في أي اتجاه في الكمرات عن ٢٠ سم أو قطر سيخ حديد التسليح أو ١/٤ مرة قطر أكبر حجم الزايط المستعمل أيهما أكبر .

كما يجب وضع أسياخ حديد التسليح في مواضعها تماماً طبقاً للمقاسات والأشكال الموضحة بالرسومات والبيانات الخاصة بها والرسم التالي يبين طريقة لفرد الحديد ويجب وضعه في التنفيذ كما هو مبين بالرسومات .



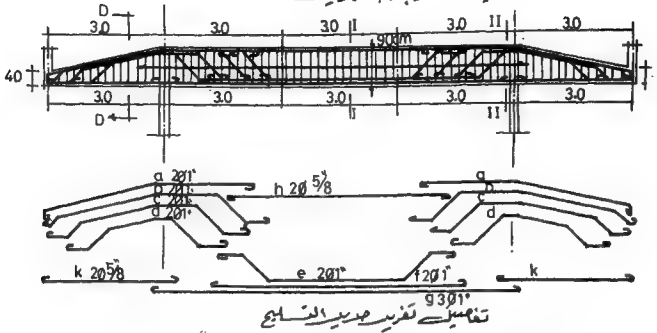
تآكسد حديد التسليح في أحد الأعمدة بعد إزالة الغطاء الخرساني

د) نوع الأمنت المستخدم : على الرغم من وجود العديد من أنواع الأمنت بتركيبات متباينة تستخدم حالياً . فإن عدداً محدوداً من العلاقات بين تركيب هذه الأنواع وتآكل حديد التسليح فيها وبالتالي تصدع الخرسانة المحيطة قد أمكن تأكيدها . حيث أكدت الدراسات أن كافة أنواع الأمنت البورتلاندى تنتج القلوية الكافية للحفاظ على المناعة الطبيعية لحديد التسليح إذ على عملية هدرجتها أن يصل الرقم الهيدروجيني لوسط الخرسانة إلى ما بين ١٢ - ١٤ . كما أوضحت دراسات أخرى أن درجة نعومة الأمنت المستخدمة ذات تأثير كبير على وقاية حديد التسليح من التآكل كما اتضح أيضاً أن استخدام الأمنت الحديدى والذي يحوى ما لا يقل عن ١ ٪ من الكبريتيدات ينشط عملية تآكل حديد التسليح وربما يؤدي إلى إحداث شروخ بمحيد التسليح إذا ما كانت الخرسانة المسلحة في المنشأ تقع تحت تأثير ضغوط أو إجهادات .

#### هـ) الوسط المحيط بالخرسانة :

من أهم خصائص الوسط المحيط بالخرسانة والتي تجعله مؤثراً في عملية تدهور خواص الخرسانة طبيعة الوسط ، تركيبه الكيميائي واحتوائه على مواد مؤثرة على الخواص الطبيعية أو الكيميائية للخرسانة أو منشطة لتآكل حديد التسليح . ومن أمثلة ذلك تعرض المنشآت الخرسانية المسلحة لمياه البحر أو الرزاز الحمل بالأملاح أو الرطوبة العالية في المناطق الساحلية وأثر ذلك على نفث الخرسانة ، والإسراع بتآكل حديد التسليح في المناطق الساحلية بمصر وجد أنه يتراوح ما بين

## تفصيل كمر مقاربة ذات كابولون



## تفصيل تقريير حديد السابج

## ١٨ - شروح نتيجة تربة التحمل وهبوطها :

هذا ومن المعروف أن هناك أكثر من نوع للتربة التي يتم تأسيس المبنى عليها .

فهناك التربة الصخرية بأنواعها المختلفة مثل الجرانيت والبازلت والحجر الجيري والرمل وخلافه ... وتربة غير متاسكة مثل التربة الرملية والزلطية وتربة متاسكة مثل التربة الطينية أو الطميية .

( أ ) بالنسبة للتربة الصخرية : فهي أحسن أنواع التربة من جهة الإجهادات وقوة تحملها وعدم هبوطها .. ولا يخشى من التأسيس على هذا النوع من التربة إلا في حالة وجود فوالق أو تكون طبقات رقيقة وغير سميكة أو طبقات بها شروخ ينتج عنها فشور سطحية وعادة لا تظهر شروخ في المباني التي يتم تأسيسها على هذه الأنواع من الصخور نتيجة التربة إلا إذا حدثت في طبقات التربة نتيجة مؤثرات خارجية كالزلازل مثلاً .

( ب ) بالنسبة للتربة الزلطية والرملية ... فمعدل هبوط التربة تحت تأثير حمل يكون صغيراً نسبياً ويحدث خلال السنة الأولى لإنشاء المبنى وذلك نتيجة كبر جزئيات التربة ويكون بدرجة غير محسوسة ولا تمثل خطورة على المبنى إلا إذا كانت الإجهادات المتولدة من المبنى أكبر من الإجهادات التي تتحملها التربة الرملية أو الزلطية تحت الأساسات مما ينتج عنه انسياب التربة أسفل المبنى سواء بالقص أو بالانضغاط أو بالانزلاق مما ينتج عنه ظهور شروخ رأسية ( طولية ) وشروخ مائلة بالمبنى تستمر في الزيادة طولياً وفي اتساعها وتؤدي إلى انسياب المبنى .

( ج ) بالنسبة للتربة الطينية ... تختلف قوة تحمل هذه التربة بالنسبة لاختلاف مكوناتها ونسبة الرطوبة بها ومن المعروف أن جزئيات الطين صغيرة جداً ( قطرها أقل من ٠.٠٠٢ مم ) وتأثر قوة التربة الطينية وتماسك جزئياتها إلى حد كبير على ما تحتويه من رطوبة ونسبة مياه . وفي حالة فقدان كمية كبيرة من الرطوبة فإن التربة تنكمش وينتج عن ذلك تشققات بها وعندما يحدث ذلك أسفل أساس المبنى فإنه يحدث هبوط .. ومعدل هبوط الأرض الطينية أسفل أساسات المبنى يكون بطيئاً ويستغرق وقتاً طويلاً وليس هبوط كل مبنى مؤسس على أرض طينية يكون نتيجة للحمل الواقع من المبنى على التربة لكن يظهر في بعض الأحيان هبوط نتيجة امتصاص المياه من التربة الطينية بواسطة أشجار أو مزارعات موجودة بجوار المبنى كما بالشكل التالي :

ويحدث في بعض الأحيان في المباني المؤسسة على تربة طينية هبوط غير متساوٍ . فيكون في بعض الأجزاء أكبر من الأخرى ... وينتج عن ذلك شروخ مائلة تظهر عادة بالقرب من النواصي والأركان وكذا بالقرب من الفتحات كالشبابيك والأبواب كما تظهر هذه الشروخ في مباني الحوائط متخذة اتجاه العراميس على اعتبار أنها أضعف الأجزاء بالنسبة للمبنى .

ويجدر بنا أن نذكر هنا أنه عندما يكون المبنى على تربة طينية مشبعة بالماء فإن التحميل يكون على الماء الموجود بالمسام ثم يبدأ الماء في الخروج من بين المسام فيتم انتقال الحمل على جزئيات الطين وهنا يقل معدل خروج الماء من بين المسام ويتم الوصول إلى درجة الانضغاط النهائي عندما يتم حمل المبنى بالكامل بواسطة

erosion في بعض أنواع التربة وخاصة تلك التي تحتوي على تراب ناعم جداً وقد تؤدي هذه الظاهرة مع الزمن إلى تصدعات خطيرة في المباني .

(٦) عند محاولة تخفيض ارتفاع منسوب المياه في التربة لسبب أو لآخر بطريقة غير مدروسة uncontrolled dewatering ينتج عن ذلك أن بعض جزيئات التربة تخرج من الماء المسحوب وتحدث خلخلة في التربة soil particles wash - out تؤدي إلى هبوط فيها .

(٧) يتأثر بعض أنواع التربة عن غيره بشكل أكبر عند حدوث الزلازل وخاصة إذا كان مشبعاً بالماء حيث تتصرف التربة وكأنها سائل ولذا تسمى هذه الظاهرة بسيولة التربة . ولعلاج الشروخ : الناتجة عن إجهادات التربة .. وهذه تنقسم إلى قسمان :

( أ ) شروخ غير خطيرة يمكن إصلاحها بتخفيف الأحمال على التربة أو بحقن التربة لتقويتها أو بعمل أساسات جديدة تساعد على تقليل الإجهادات على التربة .

( ب ) شروخ خطيرة يصعب معالجتها أو تكون تكلفة معالجتها مرتفعة مثل عمل خوازيق جديدة أسفل المبنى لنقل بعض الأحمال عليه ويرجع إلى باب تقوية الأساسات .

٨ - يحدث الهبوط الغير منتظم في عدة أشكال إما نتيجة مبنى قديم وبني مبنى جديد بجواره أو مبنى على أحماله ثقيلة والمبنى المجاور أحماله خفيفة ، والرسم التالي يبين بعض الحالات وعددها سبعة وكل حالة مختلفة عن الأخرى .

جزيئات التربة ونستنتج من هذا أن درجة الانضغاط = الهبوط بعد فترة من الوقت

وفيما يلي بعض الآثار التي ترتبط الهبوط النهائي بالماء ومدى زيادته أو انخفاضه في التربة كما يلي :

( ١ ) في التربة الغنية بالجبس والحجر الجيري يحدث انهيار في تركيبها ( ينيتها الإنشائية ) collapse of soil structure .

( ٢ ) تميل كثير من أنواع التربة الغنية بالمواد الطينية إلى الانتفاخ heavy of swelling soil عندما تحتوي التربة على خليط من الجبس والحجر الجيري إضافة إلى المواد الطينية فإنها تنتفخ أولاً ، ثم يتبع هذا الانتفاخ انهيار ، وتتميز الشقوق الناتجة عن مثل هذه التربة أنها تحدث في اتجاهين متعاكسين فإذا تكونت التشققات الناتجة عن انتفاخ التربة في اتجاه ٤٥ درجة ( مع الأفقي ) قد يتبعها تكون تشققات هبوط عمودية عليها .



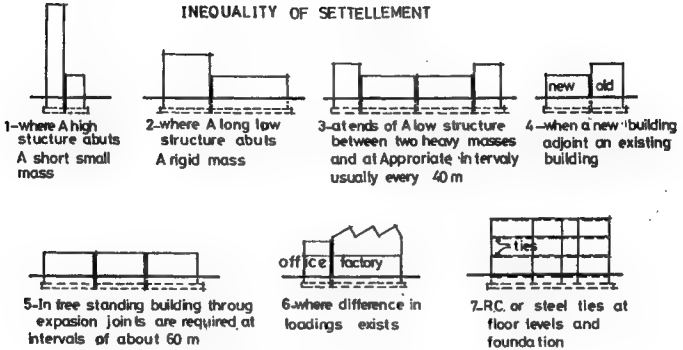
## سبب الشروخ في التربة من المبنى بسبب فصل الممراد صحت مسمى

(٣) في وجود المياه المحتوية على بعض الأملاح والمواد الكيميائية قد يتأثر بعض أنواع الصخر أو التربة المثينة فتصبح رخوة softening of soil نتيجة للتفاعلات التي تحدث بينها وبين الماء .

(٤) في المناطق القريبة من البحر يكثر تواجد كل من الأملاح minerals تحت الأرض تنوب في وجود الماء وتؤدي إلى هبوط التربة وانهيارها .

(٥) تسحب المياه المتسربة تحت الأساسات المواد الناعمة ( التراب ) معها ويحدث مع الزمن تآكل داخلي internal

## INEQUALITY OF SETTLEMENT



المسباب التي تؤدي إلى الرسوب غير منتظم

في بعض الأحيان لصلب المبنى وإزالة العضو مع تنفيذ عضو جديد بدلاً منه أو تركيب أعضاء مجاورة أخرى مثل كمرات حديدية وخلافه ، والرسم التالي يبين أن المبنى أضيق فيه على السطح والبدروم أحمال إضافية فيجب إزالة هذه الأحمال .



وضع أحمال جديدة على المبنى بالبدروم على السطح

## ٢٠ - شروح التآكل :

هذا النوع من الشروح ليس بالطبيعة مثل النوعية الأولية . وهذا عادة ما يظهر شروح هذا النوع في الأجزاء المصنوعة من خلطات ضعيفة أو متوسطة وتكون معرضة للرطوبة وتظهر هذه الشروح نتيجة تأثير الرطوبة على الخرسانة ووصولها إلى حديد التسليح مما يتسبب في تكوين خلية متأكلة وزيادة حجم الحلية

## ١٩ - شروح نتيجة التحميل الخارجي :

تظهر هذه الشروح في الحوائط والياض والأرضيات نتيجة وجودها وظهورها في الأعضاء الخرسانية للمنشأ .. وتظهر عادة عندما تزيد الإجهادات الداخلية في العضو الخرساني عن أقصى إجهادات مأخوذة في الاعتبار ، وغالباً ما تكون هذه الإجهادات إجهادات شد وفي بعض الأحيان تكون إجهادات قص أو ضغط وتظهر هذه الشروح واضحة وصريحة ومتسعة ليست شعرية وتبدأ من وجه العضو الخرساني وتمتد تدريجياً حتى جديد التسليح وبعده أيضاً في بعض الأحيان .

وعندما تظهر هذه الشروح تكون شعرية وباتساع حوالي ١.٠ مم ويمكن رؤيتها بالعين المجردة وتنمو هذه الشروح منتظمة في الطول والاتساع وينطبق عليها النظريات الخاصة بالشروح سواء عند الظهور أو بعد النمو .

وبالنسبة للشروح التي لا تبدأ من العضو الخرساني فعادة تكون مصحوبة بتأثير إجهادات القص أو الترابط وتكون لها خاصية عدم الانتظام وكذا ظهور التقصفات في السطح .

وبالنسبة للشروح الناتجة عن التحميل الخارجي .. فيراعى أولاً تقليل الحمل حتى لا تزيد من اتساع الشرح وخطورته .. وفي حالة ظهور القشور والتقصفات قبل إجراء أى إصلاح ويعالج بعد ذلك العضو حسب حالة خطورته .. وقد يضرط

( د ) دهن وجه الأعضاء الخرسانية المدفونة تحت الأرض أو الملاصقة للأرض بطبقتين من مادة القار يساهم في حماية وجه الخرسانة المعرض للتربة من تهجم المواد الكيميائية الضارة .

( هـ ) استعمال كميات كبيرة من الأسمنت وخاصة في الخلطات المحتوية على كمية عالية من الركام الناعم يساهم في تحسين نوعية الخرسانة .

( و ) استعمال نسبة مياه إلى الأسمنت منخفضة في الخلطة الخرسانية يحسن نوعية الخلطة ويزيد مقاومتها .. ويوصى بأن تكون هذه هي القاعدة الرئيسية في تصميم الخلطات الخرسانية .

( ز ) استعمال الطرق المناسبة لحماية ومعالجة الخرسانة الطازجة وذلك لتفادي جفاف سطح الخرسانة السريع قبل حصولها على المقاومة المطلوبة والتأكد من اكتمال تفاعل جميع كميات الأسمنت مع المياه مما يساهم كثيراً في تحسين نوعية الخرسانة .

( حـ ) تفادي خلط وتصنيع الخرسانة في الأجواء الحارة .  
( ط ) يجب قياس معدل صدأ الحديد ، والرسم التالى يبين طريقة قياس معدل الصدأ .

ويحدث انفصال الخرسانة عن الحديد في هذه الأجزاء .. وفي معظم الأحيان يظهر لون الصدأ على أسطح هذه الشروع .

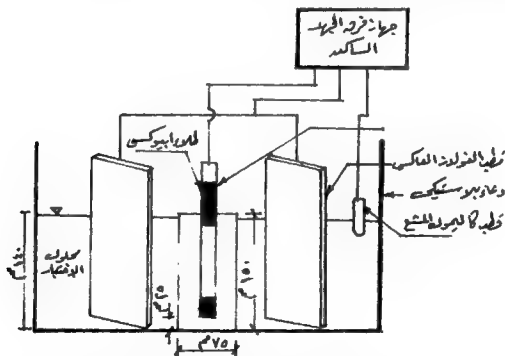
## ٢١ - شروح بسبب صدأ الحديد :

هذه الشروح تظهر موازية لحديد التسليح حيناً يكون الغطاء الخرساني غير كافٍ، وهناك عدة أسباب يجب اتباعها لملافاة هذه الشروح :

( أ ) تصميم خلطة خرسانية مناسبة بركام متدرج تدرجاً حبيباً ملائماً وذلك بهدف كثافة الخرسانة وتقلص كمية الفراغات .

( ب ) استعمال الخلطة الغنية بالأسمنت وخاصة من النوع الخاص لجميع الأعضاء الإنشائية والخرسانات المشيدة تحت الأرض أو الملاصقة للتربة لزيادة وتحسين مقاومة الخرسانة للمواد الضارة .

( جـ ) استعمال الغطاء المناسب لحديد التسليح في أى عضو إنشائي لحماية حديد التسليح . ويوصى في هذه المناسبة بالالتزام بمتطلبات المعايير القياسية الدولية المذكورة في المواصفات والمعايير العالمية الألمانية - البريطانية والمعهد الأمريكي للخرسانة .



شكل يبين جهاز قياس معدل الصدأ ..

٢٢ - شروح سبب الانتفاخ في التربة القابلة للتمدد :  
بكرة ويقل في الأبراج العالية وتبدأ هذه الشروح من أسفل المبنى إلى أعلاه ، ولتلافى هذه الشروح يتبع الآتي :  
( أ ) إحلال طبقات التربة القابلة للتمدد بمواد أخرى مناسبة ... على أن يتم دمك تلك المواد دمكاً جيداً للحصول على أقصى كثافة .

من المعروف أن التربة القابلة للانتفاخ ترتفع في المكان الذي وصله الماء وتظل بدون انتفاخ في الأماكن التي لم يصلها الماء لهذا السبب يحدث تغرق وشروح وبظهر هذا في المباني الخفيفة

تحت الماء . حيث إن هذه الطريقة تؤدي إلى تقليص فترة الإنشاء وتوفر طبقات المواد العازلة التي تستعمل عند صب الخرسانة بالطرق المألوفة .

## ٢٤ - شروح بسبب صنع وصب الخرسانة في الأجواء الحارة ، التقلص وتغير الحجم :

تحدث هذه الشروح عند صب الخرسانة قبل التصلد وتظهر شروح شبكية وذلك نتيجة التبخر السريع لمياه الخلطة بالإضافة إلى صب الخرسانة بأحماك كبيرة دفعة واحدة ويجب اتباع الآتي للملافة هذا الخطأ .

( أ ) تقليص كمية الأسمنت في الخلطة ما أمكن .. وخاصة لأعضاء المنشآت المعرضة مباشرة للجو الحار الجاف .

( ب ) استعمال مواد مضافة مناسبة لتحسين تشغيل خلطات الخرسانة .

( ج ) استعمال أسمنت شديد النعومة مع مادة بوزولان لتفادي أثر وجود جير حي طلق في الخلطة الخرسانية .

( د ) تفادي تصنيع وصب الخرسانة في الأجواء الحارة .

( هـ ) تخزين الركام في الظلال مع تظليل حديد التسليح .  
( و ) إذا دعت الضرورة إلى تصنيع وصب الخرسانة خلال الفترة الشديدة الحرارة . فيجب استعمال مياه مبردة في الخلطة أو إضافة ثلج مهشم إلى مياه الخلطة على أن يتم التأكد من أن جميع التلح قد ذاب قبل بدء عملية إضافة الماء لخلطة الخرسانة وذلك في البلاد العربية ذات درجة حرارة مرتفعة .

( ز ) تصنيع وصب الخرسانة خلال الساعات الأولى من الصباح الباكر أو في وقت متأخر من الظهيرة حين تكون درجة حرارة الجو أقل من ٣٠° م .

( ح ) صب الخرسانة بالأحجام الكبيرة على طبقات غير متحركة نسبياً لتفادي تراكب الحرارة .

( ط ) صب خرسانات أعضاء المنشأ المتبسطة بطريقة تسمح بالتهدد ومن ثم تقلص الخرسانة المصبوبة دون عناء .

( ي ) استعمال طرق مناسبة لمعالجة الخرسانة الطازجة وذلك لتفادي التبخر السريع لمياه الخلطة وخاصة تفادي الجفاف السريع لسطح الخرسانة .

## تأثير الوقت على الشروح :

هناك عاملان ذا أهمية خاصة عند رؤية الشرح ومعانيته والنظر لامتداده وطوله .

( أ ) العامل الأول خاص بالتحميل وهل هناك تأثير لأحجام متكررة مثل حركة الماكينات وخلاته .

( ب ) العامل الثاني خاص بالزحف وهو ما يرتبط بالوقت .

( ب ) عمل شبكة تصريف رأسية وأفقية من الآبار الرملية قبل غمر التربة القابلة للانتفاخ بالماء وقبل إنشاء الأساسات وأجزاء المنشأ الأخرى الملاصقة للتربة أو المدفونة وبذلك يمكن تصريف الموقع بكفاءة وتقليص أثر انتفاخ وتعند التربة . وحتى يكون العلاج ناجحاً فإن التربة يجب أن تبقى مغمورة بالمياه لفترة طويلة نسبياً .

( ج ) استعمال مثبتات كيميائية من الجير والأسمنت حيث يتم خلط ذلك مع التربة القابلة للتمدد خلطاً جيداً ومن ثم يجب دمجها دمجاً جيداً .

( د ) حقن الجير تحت الضغط في المناطق التي توجد بها شقوق في التربة القابلة للتمدد والانتفاخ مما يقلل إمكانية تسرب المياه إلى التربة .

( هـ ) استعمال أساسات عميقة للوصول إلى طبقات التربة المستقرة وتفايد الطبقات القابلة للتمدد والانتفاخ .

( و ) عزل بلاطات الأرضيات عزلاً كاملاً والتأكد من عدم لمسها للتربة القابلة للتمدد والانتفاخ .

( ز ) استعمال حصىرة مقواة من الخرسانة المسلحة للأساسات بحيث تشكل التقوية تجاويف مربعة .

( ح ) اختيار قواعد بأقل مساحة ممكنة ملاصقة للتربة القابلة للتمدد والانتفاخ .

( ط ) تقليص المساحات المزروعة والتحكم في عمليات ريها .

## ٢٣ - شروح بسبب ضغط المياه :

تظهر هذه الشروح بالبدرومات بسبب ضغط المياه على الخرسانة ويصبح التفتت للخرسانة ظاهرة وذلك نتيجة كسر مواسير المياه ، ويجب اتباع الآتي للملافة هذا الخطأ .

( أ ) تصميم حوائط وبلاطات المنشآت الخرسانية تحت سطح الأرض مثل البدرومات لتكون منشآت معزولة وممانعة لتسرب المياه مع تثبيت الأعضاء الإنشائية في طبقات التربة المستقرة . حتى في غياب منسوب المياه الجوفية أو تدنى منسوبها خلال مراحل الدراسة فإنه يوصى بتشديد المنشآت الخرسانية تحت سطح الأرض لتكون معزولة وتقاوم ضغط المياه وتسربها من الخارج .

( ب ) استعمال العوازل الممانعة لتسرب المياه للمنشآت الخرسانية المشيدة تحت الأرض وخاصة في حالة اعتماد الطرق المألوفة في تصنيع وصب خرسانات الحوائط وأرضيات تلك المنشآت .

( ج ) صب وتشكيل الخرسانة للمنشآت المشيدة تحت سطح الأرض بطريقة اللغق أو تحت ضغط الهواء ( القذف ) وذلك لأعضاء المنشأ سواء كانت بلاطات أو حوائط سائدة أو مغمورة

وبالنسبة للعامل الأول بينت التجارب والأبحاث أنه عندما تكون الإجهادات المتولدة عن الاختراقات والأحمال المتكررة أقل من أعلى إجهادات في حديد التسليح فيكون تأثيرها ضعيفاً إلى حد ما في هذه الحالة ويمكن إصلاحه .. وعلى العكس عندما تكون هذه الإجهادات أكبر من أعلى إجهادات في حديد التسليح فإن اتساع الشرخ يزيد بنسبة ٤٥٪ عن اتساعه المتعاد.

وبالنسبة للعامل الثاني فقد بينت التجارب والأبحاث أيضاً بأنه على مدى عدة سنوات يزيد اتساع الشرخ بنسبة تتراوح بين ١٥٪ - ٢٠٪ عن الاتساع المعتاد نتيجة الزحف ولكن يجب أن نضع في الاعتبار دائماً أن اتساع الشروخ عادة تكون أقل بالقرب من التسليح عن اتساعها على السطح الخارجى للعضو.

ومن المعلوم أن الشروخ التي تظهر في المباني بعد فترة مدة ١٥ - ٢٠ عام تقريباً وتكون درجة اتساعها في حدود ٢، - ٣، م تكون غير ذات أهمية.

وقد بينت الأبحاث أيضاً أن الشروخ التي تكون اتساعها ٢، م لا يظهر بها أى تآكل لحديد التسليح والشروخ التي يكون اتساعها ٥، م ظهر بها تآكل صغير.

## عيوب في الخرسانة ذات أسباب متعددة

### أولاً : التقليل :

من المعروف أن الأسمنت بعد الإماعة ( Hydrated cement ) يحتوى على هيدروكسيد الكالسيوم (  $Ca(OH)_2$  ) القابل للذوبان في الماء وينتج من التفاعل بين الأسمنت والجير والماء وعندما يتفاعل ثاني أكسيد الكربون الموجود بالجو داخل المسامات ويوجد الماء يتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم مكوناً كربونات الكالسيوم التي تظهر في صورة ترسيب أبيض اللون يعرف بالتقليل، وإزالة هذا التقليل يتم باستخدام محلول مخفف من حامض المورياتيك بتركيز جزء من الحامض إلى ٦ - ١١ أجزاء في الماء وفي حالة التقليل ونتيجة أملاح أخرى يمكن استعمال المحاليل التي تعادل هذه الأملاح ثم يغسل السطح جيداً.

### ثانياً : بقع الصدأ :

بقع الصدأ الناتجة عن صلب التسليح يدل على عيب إنشائي وتظهر هذه البقع بالقرب من الحديد أو الصلب المدفون في الخرسانة وتكون بنية اللون وإزالة هذه البقع يتم استخدام محلول مكون من ٥، كيلو جرام من بيوردة حامض الأكساليك oxalic acid لكل جالون من الماء أما البقع العميقة فيستخدم

سترات الصوديوم ( Sodium citrate ) بتركيز جزء واحد إلى ستة أجزاء من الماء ويمكن استعمال هيدروسلفات الصوديوم Sodium hydrosulphate بتركيز جزء واحد إلى ستة أجزاء من الماء ويترك لمدة ١٥ - ٢٠ دقيقة هذا في حالة ما إذا كان الحديد صدؤه غير متراكم ، أما إذا كان صدق الحديد متراكماً فيجب إزالة الغطاء الخرساني وتنظيف أسياخ الحديد بفرشة سلك ثم دهان الحديد بمادة إيبوكسية واقية لصدأ الحديد ويعاد الغطاء الخرساني من جديد مع دهان السطح القديم بمادة لصق هي الجنرال يؤخذ ثم تقذف عليها الخرسانة حتى يتم رجوع أر كان العمود إلى أصلها .

### ثالثاً : بقع الحريق :

عادة ما يسود سطح الخرسانة بفعل النيران البسيطة أو الدخان الناتج من حريق الأخشاب والتي لم يتأثر بهما العضو الإنشائي ويكون لونه أسود وإزالة هذه البقع تزال بشيئين أولهما يمكن استعمال قطعة مبللة من القماش بمحلول من فوسفات ثلاثي الصوديوم trisodium phosphate والجير الكوربدي chlorinatedlime وثانيها الحجر الحفاف أو الحصى والرمال .

### رابعاً : بقع الزيت :

ويهي تحدث عادة على أسطح الخرسانة وخصوصاً في المطابخ نتيجة استعمال الشحوم والزيت وفي الورش وذلك في حالة عدم تكسية الحوائط بالقيشاني أو السيراميك ، ويمكن إزالة هذه البقع بالقيشاني بالماء والصابون أو أى نوع قلوي لا يتفاعل مع الخرسانة .

### خامساً : تلوين الخرسانة :

يتم هذا التلوين نتيجة استعمال القزازات بطريقة مبالغ فيها في أماكن وفي الأماكن الأخرى لا يكون المزج مبالغ فيه وذلك عند صب الخرسانة وهذا اللون لا يسبب مشكلة ويمكن غطاؤه بطلاء من البياض .

### سادساً : انتفاخ الخرسانة :

تتضمن أسباب الانتفاخ في الخرسانة في الآتي :

(١) حدوث انتفاخ نتيجة تفاعل القلويات مع السيليكا النشطة بالركام أو انتفاخ طبقة الطفلة الموجودة بالركام ويحدث ذلك عند وصول الرطوبة إلى هذه الطفلة وتسبب ظهور مادة هلامية على السطح نتيجة انتفاخ الخرسانة ولعلاج هذه الحالة يجب غسل الزلط غسلًا جيداً على طبقة مائلة من عروق خشب بين كل عرق حوالي ٥ سم ويغسل الزلط بالماء كل طبقة لا تزيد عن ١٥ سم .

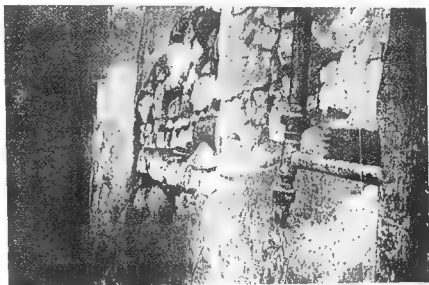
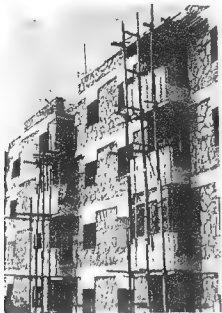


- (٢) يحصل الانتفاخ فى حالة امتصاص الخرسانة رطوبة من الجو أو من الماء التى تصلها عن تلف مواسير المياه والصرف الصحى ، وللعلاج هذا إما أن تبيض الخرسانة ببياض يمنع دخول الرطوبة أو تدهن بمادة راتنجية لسد مسام الخرسانة بمنع دخول الماء .
- (٣) صدأ الحديد، وللوقاية يجب عمل خلطة متجانسة من الخرسانة بحيث لا تسمح بدخول أى مياه أو رطوبة للخرسانة
- (٤) الانتفاخ نتيجة التفاعلات الكيميائية ، من المعروف أن جميع الأحماض تؤثر على الخرسانة وذلك بتفاعل الحامض مع المونة مما يقلل التماسك بين حبيبات الزلط والرمل وخاصة أملاح كلوريد الصوديوم ، ويتسبب فى تساقط الخرسانة نتيجة الانتفاخ المصاحب للتفاعلات ، وللعلاج إما طبقة بياض جيدة أو دهان بمادة راتنجية لسد مسام الخرسانة .



اتبعاج فى تسليح العמוד

## مجموعة من الأشكال تبين الأضرار الناتجة عن الأحمال



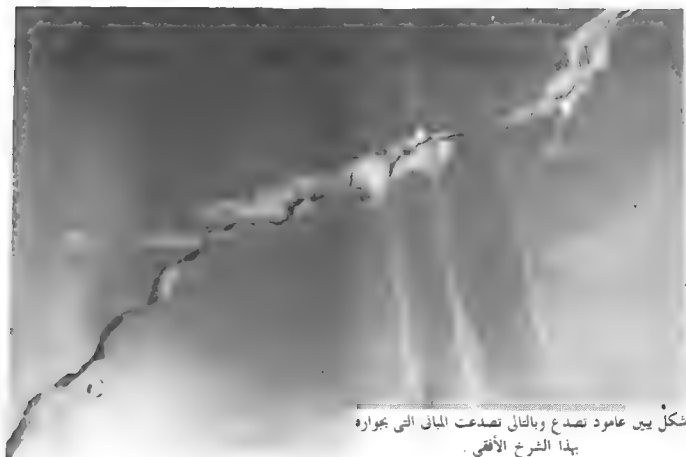
هذا المبنى جديد ولم يحدث له زلزال ولكن لسوء  
التفويضات البلديات وتم صلبها لإصلاحها

شكل يبين مدى الضرر الذى لحق بالمبنى نتيجة  
انسياب المياه من ماسورة تغذية



شروع بأسفل المبنى بسبب أحمال زائدة

شكل بين ما نتج عن زلزال ١٢ أكتوبر وفيه المي الضعيف نأثر بشدة والمبانى المتراكمة لم تتأثر مثل المي الضعيف



شكل بين عامود تصدع وبالتالي تصدعت المباني التي بجواره  
بهذا الشرح الأفقى .



في مواصفات المشروع دون توفر الأخير يجري الاختبار المتوفر مع ضرورة مراعاة العلاقة المكافئة بين الخواص .

بمجرد الانتهاء من اختبار الخرسانة الطازجة والتأكد من استيفائها للمتطلبات الواردة بمواصفات المشروع تعد عينات اختبار المقاومة للخرسانة المتصلدة طبقاً للمواصفات القياسية المصرية وفي حالة توفر قوالب غير الواردة بهذه المواصفات تستعمل هذه القوالب مع مراعاة رفع النتائج النهائية بدلالة الخواص المميزة على العينات القياسية باستخدام معامل التحويل المذكور بالباب الأول للمواد ، وفي جميع الأحوال يجب أن يتم إعداد العينات باتباع الخطوات والأحتياطات الواردة في المواصفات القياسية المصرية وذلك في جميع المراحل - ملء القوالب - عدد طبقات الماء - عز ودمك الخرسانة - تسوية الخرسانة - حفظ القوالب في مراحل التصلد الأولى - معالجة الخرسانة - نقلها لموقع الاختبار .

أما عن طريقة إعداد هذه المكبات والتجربة ف يرجع إلى المواصفات القياسية المصرية في جميع مراحلها ولا داعي لشرحها .

### الفصل الثاني

#### زيارة الموقع وتقسيم إلى ثلاثة أقسام :

##### أولاً : دراسة المبنى إجمالاً

من المهم متابعة التصدعات من قبل المهندس الجير ودراسة شكل هذه التصدعات وربطها مع بعض ومع نوع الحالة الإنشائية للمبنى ودراسة الأسباب المحتملة واستبعاد الأسباب غير المحتملة ويتم ذلك بالتدريج حتي يتم حصر السبب أو الأسباب المحتملة لهذه التصدعات . مثلاً يجب القيام بعملية استقصاء عن المبنى من كافة النواحي مثل دراسة التفاصيل التنفيذية وظروف التنفيذ وهل حدثت مشكلات خلال التنفيذ أم لا وإن حدثت فما هي ، وهل حدثت مثل هذه التصدعات في المباني المجاورة أم لا وسؤال الذين قاموا بتنفيذ المبنى حول توقعاتهم عن الأسباب المحتملة للتصدعات من المفيد أيضاً مراقبة التصدعات لمعرفة هل هذه التشققات لا تزال نشطة أم أنها توقفت أو خمدت . ويتم هذه المراقبة وفقاً لطبيعة التصدعات .

يشتمل هذا الباب على الاختبارات الخاصة بالخرسانة المسلحة ويتقسم إلى أربعة فصول :

أولاً : اختبار الخرسانة ساعة الصب .

ثانياً : زيارة الموقع للوقوف على أسباب الشروخ وأى الطرق التي يحتاجها لعمل الاختبار على الخرسانة المتصلدة .

ثالثاً : اختبار الخرسانة غير المتلفة المتصلدة .

رابعاً : اختبار الخرسانة المتلفة - وسنبداً بشرح كل بند على حدة .

### الفصل الأول

#### الاختبارات على الخرسانة أثناء التنفيذ :

يجب التأكد من استيفاء الخرسانة لمتطلباتها الواردة بمواصفات المشروع ، وعلى المهندس المنفذ بالموقع التفتيش على كل خطوة قبل صباها بإجراء الاختبار على الخرسانة الطازجة وإعداد عينات اختبار الخرسانة المتصلدة طبقاً للمعدل الوارد بمواصفات المشروع أو كلما تطلب الأمر أيهما أكثر ، وتجدر الخرسانة مستوفية لرتبة المقاومة المميزة المطلوبة أثناء التنفيذ إذا تحقق ما يلي :

١) إذا كان عدد عينات اختبارات مقاومة الضغط للخرسانة أقل من ٢٠ عينة فلا تقل أية نتيجة اختبار عن رتبة الخرسانة المطلوبة ولا يزيد الفرق بين أكبر قراءة وأصغر قراءة على ٢٠٪ من متوسط جميع القراءات .

٢) إذا كان عدد عينات اختبار مقاومة الضغط للخرسانة أكثر من ٢٠ عينة فلا يزيد عدد نتائج الاختبارات التي تقل رتبة الخرسانة المطلوبة على قراءة واحدة لكل عشرين قراءة ولا يزيد الفرق بين أكبر وأصغر قراءة على ٢٠٪ من متوسط جميع القراءات .

#### أسس الاختبارات :

تؤخذ عينة الخرسانة الطازجة من الخلطة بمجرد وصولها ( وتكون العينة مجمعة من أجزاء مأخوذة أثناء التوزيع ) ويجرى عليها الاختبار الوارد بمتطلبات الخرسانة الطازجة في مواصفات المشروع ، وفي حالة توفر إمكانيات إجراء اختبار غير الوارد

## ثانياً : فحص المبنى من الخارج :

(٦) هل هناك رشح في الدور الأرضي ويكون السبب عدم

وجود طبقة عازلة للأساسات والجوانب .

(٧) هل هناك شروخ حول الفتحات مثل أبواب البلكونات والشبابيك وينتج هذا عن عدم وجود أعتاب كافية لحمل ما فوق الأعتاب من أمثال .

(٨) هل هناك تمشيش في الخرسانة عند الصب ولم يتم دمك الخرسانة بأصول فنية وعندئذ يجب تكسير الخرسانة وإعادة صبها مع وضع أشاير تزرع في الخرسانة القديمة مثبتة بالإيبوكسى أو أى مادة من مواد الربط .

(٩) هل بالسطوح فواصل ومناسيب مختلفة في البلاط فيدل هذا على أن هناك مياه تسربت من المطر إلى الخرسانة المسلحة ولم يوجد طبقة عازلة للحرارة أو الرطوبة بالسطوح .

(١٠) الرسومات التالية تبين بعض أنواع الشروخ الخارجية ومدى خطورتها .

(١) فحص الشروخ الخارجية للمبنى هل هذه الشروخ بجوار الأعمدة من آخر أدوار المبنى حتى الأساسات فيدل هذا على أنه هناك هبوط في الأساسات نتيجة التربة أو نتيجة سحب مياه وحفر بجوار المبنى بعد إقامته .

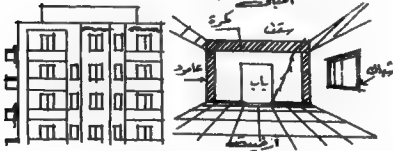
(٢) إذا كانت الشروخ في عدد من الأدوار متفرقة ولم يستمر حتى الأساسات فيدل هذا على أن الشروخ في أحد الأعضاء فيكون سبب هذا التنفيذ المخالف للرسومات .

(٣) هل هناك ميول خارجية في الواجهة رأسياً بكامل المبنى فيدل هذا على أن توزيع الأخمال غير منتظمة أو طبيعة التربة غير متجانسة .

(٤) هل توجد مياه رشح بالواجهة نتيجة مياه متسربة من الصرف الصحي أو مواسير المياه ، وفي هذه الحالة يجب إعادة تركيب طبقات عازلة في الأدوار الظاهر بها هذا الرشح .

(٥) هل يوجد ترخيم في البلكونات ويكون السبب في هذا عدم تسليح البلكونة بحالة جيدة .

شروخ من النوع ، تظهر دورات في المبنى وغير منتظمة وانت في ماربكثرة والملاط وسببه الأساسات يجب إعادتها



شروخ من نوع عميقة ودل على ضعف العلاقة بين

الصلب والملاط

تشققات عميقة من نوع عميقة ودل على ضعف العلاقة بين

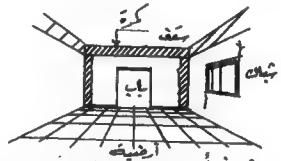
الصلب والملاط

## ثالثاً : فحص المبنى من الداخل :

(١) هل هناك شروخ في المبنى تحت الكمرات مباشرة وهذا يدل على أن الخرسانة لم تصب مباشرة على مباني الطوب أو على عدم اللء بالمونة جيداً عند نهاية المبنى ووصلها بالكمرة الخرسانية المصبوبة سابقاً والرسومات التالية تبين بعض أنواع الشروخ الداخلية ومدى خطورتها والواجب اتباعه نحو هذه الشروخ .



سقف أخفى داخل سم الكمرة والمناطق أو أعلى أو أسفل الشباك نتيجة انحداره مولد ميناو وعدم صب الخرسانة على المبنى مباشرة ولقد لوحظ منه ويمكن ترميمه .



شروخ رأسية مدعمة للعمود، فخرسانية ولقد لوحظ منه ويمكن ترميمه .



شروخ فطرية أصالية الكمرة والعمود وهو ناتج عدم حركة الأساسات والمخاضية مما سبب انحناءاته ويمكن علاجه لبقا لدراسة تأثير الأساسات للكمرة والعمود المبني

(٢) هل هناك شروخ نافذة في الحوائط بحيث ترى النور خارج المبنى وهنا يجب دراسة هذه الحالة حسب ما يوجد بالطبيعة .

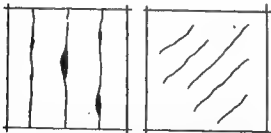
(٣) هل هناك رشح في الأرضيات الخاصة بدورات المياه ومتشعبة وهنا يجب عمل تجربة لمعرفة السبب وهي سد فتحة الحوض والبانيو من البية وملؤها ويمكن التعرف هل التشع من أحداهما أو كلاهما ، وذلك بنقص الماء في أحدهم فيجب إصلاح التلف مع عمل طبقة عازلة لهذه الأرضية من جديد .

(٤) هل هناك هبوط في أرضيات الحجرات وهل سبب هذا الهبوط ترخيم في البلاطة المسلحة فتعالج البلاطة .

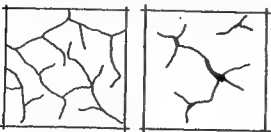
(٥) هل هناك خرسانة مسلحة للأعمدة والكمرات والبلاطات تم سقوط غطاء الخرسانة بها وظهر حديد التسليح وهل هذا نتيجة أحمال زائدة .

(٦) الأشكال التالية تساعدك على معرفة أسباب الشروخ : شكل رقم (١) يمكن أن تكون الشروخ ناتجة من انكماش الخرسانة وغالباً ما تكون هذه الشروخ والخرسانة لينة . الشكل رقم (٢) بين الشروخ موازية لاتجاه حديد التسليح وهذه الشروخ يصاحبها نزع وخروج صدأ وفي بعض الحالات انهيار الغطاء الخرساني .

الشكل رقم (٣) بين أن الشروخ ناتجة عن تفاعل الركام مع الأسمنت حيث يتفاعل هذا الركام الذي يحتوي على سيليكات مائية مع أنواع الأسمنت التي تحوى نسبة عالية من القلويات . الشكل رقم (٤) بين أن هناك شروخاً عشوائية وهي ناتجة من هجوم كيميائي مثل رشح من مياه الصرف ومعملة بكميتريد الأيدروجين الذي يكون أول أكسيد الكبريت ثم حامض الكبريتيك يدمر كب أ .



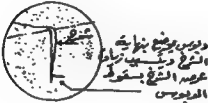
(2) reinforcement corrosion (1) plastic shrinkage



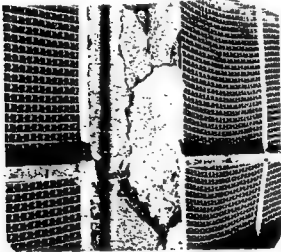
(4) sulphate attack (3) alkali/aggregate reaction

**ثالثاً : وضع دهبوس :** يمكن وضع دهبوس في نهاية الشرخ فإذا زاد عرض الشرخ وقع الدهبوس .

### وضع دهبوس



وأخيراً : تصدعات التحلل : تصدعات التحلل يتم مراقبتها عن طريق إزالة الطبقة الحرسانية المتحللة جميعها أو العودة إليها وفحصها بعد فترات زمنية لمعرفة هل حصل تحلل جديد أم لا وقياس عمق الطبقة التي تحللت خلال هذه الفترات الزمنية بمعرفة معدل تغير التحلل .



رسم يبين تصدعات التحلل بعמוד

خاصاً : طريقة القياس المعياري : القياس المعياري هو عبارة عن ميكروسكوب صغير يمكن استعماله باليد ولعلسته الملاصقة مسطح تدرج يكون عليه الملاحظات الخاصة بأوصاف الشروخ وحديد التسليح والتطوير الذي حدث على سطحه كما في الشكل التالي ، ويمكن مراقبة التحرك واتساع الشروخ بواسطة البين الميكانيكي ، ويمكن تحديد مقاومة واتساع الشرخ على الرسم الخاص بالمنشأ وعن طريق عمل خطوط رأسية وأفقية على السطح للمنشأ يمكن أن تساعد كثيراً في تحديد مكان الشرخ على الرسومات ويمكن قياس اتساع الشرخ حتى ٢٥٠م، كما يمكن مراقبة التحرك الذي يحدث في الشرخ من زيادة الاتساع أو العمق وذلك عن طريق البين الميكانيكي كما في الشكل (أ) .

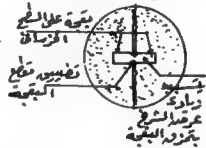
أما في الشكل ( ب ) فيقوم بنفس العمل السابق مع إمكانية

### الفصل الثالث

اختبار الحرسانة غير المتلفة للحرسانة المتصلدة :

أولاً : عمل بقجة : تتم مراقبة الشروخ عن طريقة دهان المنطقة المتصدعة بمادة هشة Brittle بحيث تتكسر هذه المادة بسهولة عندما يكون التصدع نشيطاً ومن الممكن عمل بقج والبقجة عبارة عن وضع شريط من الجبس عمودي على الشرخ بطول ١٥ سم وعرض ٣ سم وارتفاع ١,٥ سم وتوضع هذه البقجة على الحرسانة المسلحة مباشرة وفي حالة زيادة الشرخ فيالتالي سيتم شرخ البقجة ويمكن القياس بإحدى الطرق التي سنشرحها فيما بعد : كما في الشكل التالي .

### وضع لصاقة



ثانياً : تأشير نهاية الشرخ : تعمل إشارة عند نهاية الشرخ فإذا كان الشرخ نشيطاً سيزداد طول الشرخ لما بعد الإشارة .

### تأشير نهاية الشرخ



الذي يزداد طول الشرخ لما بعد الإشارة

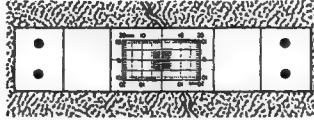
ويم قياس هذه الشروخ بوضع إشارتين تحصران بينهما منطقة الشرخ وقياس المسافة بين كل فترة زمنية معينة بطريقة تشابه طريقة القياس للشرخات .

### قياس لقياس الشفاة وضع نقاط لقياس

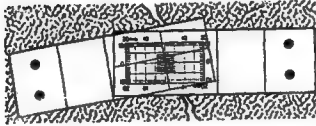




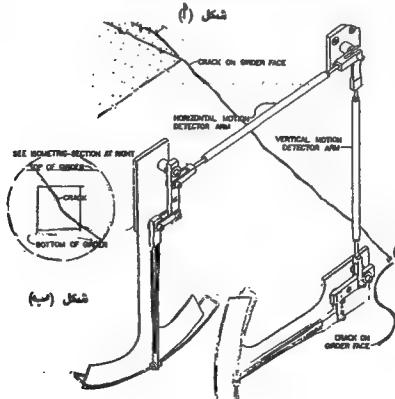
تكبير الحركة في الشروخ إلى ٥٠ مرة وكذلك يعين المدى والمقاييس الميكانيكية تتميز بأنها ليس من الضروري حفظها المحتمل لحركة اتساع الشروخ وذلك أثناء فترة القياس ، وفي من الرطوبة وقد تظهر العيوب والمشاكل في الهيكل الخرساني حالة رصد الشروخ وحركتها لمدد طويلة فيمكن عمل ذلك عن في وقت متأخر أو مبكر حسب نوع هذه العيوب . طريق استعمال شرائط يمكن حفظها ويرجعها بالحاسب الآلي .



Newly Mounted Monitor



Monitor After Crack Movement



شكل (ب)

طريقة دقيقة لقياس الشروخ بطريقة القياس المعيارى

### والمجدول التالي يوضح هذه العيوب وأعراضها ووقت ظهورها

| السبب                | الأعراض |      |      |       | فترة الظهور |
|----------------------|---------|------|------|-------|-------------|
|                      | شروع    | تشظى | تآكل | مبكرة | متأخرة      |
| المعجز الإنشائي      | ×       | ×    |      | ×     | ×           |
| تآكل الحديد          | ×       | ×    |      |       | ×           |
| الهجوم الكيميائي     | ×       | ×    | ×    |       | ×           |
| الصقيع               | ×       | ×    | ×    | ×     | ×           |
| الحريق               | ×       | ×    |      | ×     |             |
| الإجهادات الداخلية   | ×       | ×    |      |       | ×           |
| تأثير الحرارة        | ×       | ×    |      | ×     | ×           |
| الإنكماش             | ×       | ×    |      | ×     | ×           |
| الزحف                | ×       |      |      |       | ×           |
| سرعة الجفاف للخرسانة | ×       | ×    |      | ×     |             |

#### سابعاً : اختبار وندسور Windser prop

يتم الاختبار بإطلاق طلاقات Pins وهي تتكون من أسياخ رفيعة لها طول وقطر عديدان بداخل السطح الخرساني من ممدس مخصوص - وهذه الأسياخ من الصلب المقوى - وهذا الاختبار يعمل على تقدير مقاومة الخرسانة المتصلدة ويمكن الحكم على قوة الخرسانة بقياس الجزء من الطلقة prop الذي لم يدخل في العضو الخرساني .

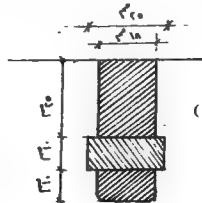
ثامناً : المنظار المكبر المقارن للشروخ : Crack comparator  
هذا الميكروسكوب ذو دقة وكفاءة عالية لقياس اتساع الشروخ حتى ٠.٢٥ مم ( ١ / ٤٠ مم ) ونسبة التكبير ٣٥ ضعف ويحمل باليد مزود بمقياس على العدسة ( scale ) القرية من السطح الذي يتم فحصه ويقاس الشروخ في أماكن متعددة بحيث يمكن رسم شكل الشروخ على رسم بسيط ( sketch ) للعضو الخرساني وتحديد اتساع الشروخ من نقاط مختلفة .

#### سادساً : اختبار نوع كابو : Capo test

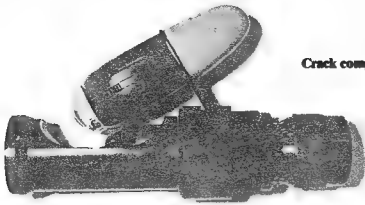
هذا الاختبار يتم بعمل ثقب في الخرسانة ثم يوضع قضيب مخصوص له قرص عرضي في هذا الثقب ويتم خطوات العمل كالتالي :

— يتم حفر ثقب بعمق ٤٥ سم وبقطر ١٨ مم عمودى على سطح الخرسانة ويعمل قطاع عرضي لهذا الثقب عند عمق ٢٥ مم بقطر ٢٥ مم وارتفاع ١٠ مم ويتم هذا الثقب عن طريق ماكينة تغريز يدوية حسب الشكل التالي ثم يتم وصل قرص ممدد من نوع خاص ذو قطر خارجي ١٨ مم بمسمار قلاووظ ويجرى إنزاله في الثقب حتى يصبح القرص أمام القطع العرضي ثم يلف المسمار حتى يتمدد القرص تدريجياً من ١٨ إلى ٢٥ مم حتى يملأ القطاع العرضي .

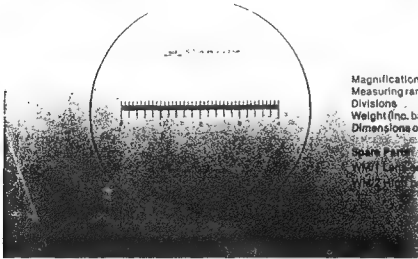
— يتم نزعه باستعمال أسطوانة مفرغة سبق معايرتها وبعد قياس قوة الجذب المطلوبة يمكن الحصول على مقاومة الخرسانة للضغط من المنحنيات الخاصة بذلك .



### المنظار المكبر ( الجهاز المقارن للشقوق ) Crack comparator



type L  
exam:



### جهاز مقياس الغطاء الخرساني والكشف عن وجود تسليح



### تاسماً : جهاز مقياس الغطاء الخرساني والكشف عن وجود حديد التسليح :

هذا الجهاز أداة نشيطة وسهل التعامل به حيث تعمل الرأس الباحثة عن الأسياخ بالكهرباء عن طريق بطارية ٩ فولت والقلب الداخلي عبارة عن مادة معدنية على شكل حرف U داخل علبه ١٠٠ × ٥٠ × ٢٥ مم وهذا القلب له ملفان منفصلان ملفوفان حول ذراعين أحدهما تغذي تيار متردد ويتصل الآخر بمقياس الكشف عن التيار الكهربائي الذي يقيس فرق الجهد المتكون عندما يكمل الجسم المعدني ويجب الإدراك على الأشياء التي في الخرسانة هي الجسم المعدني وتتأثر على القراءات مثل الكانات ووصلات الحديد والمسامير . هذا ويصل عمق الفحص إلى ١٠ سم من السطح وظهرت مقياس حديثة تكشف عن صلب التسليح لأعماق أكثر من ٦٠ سم ولها القدرة على تحديد قطر السخ.

## عاشراً : جهاز المطرقة المرتدة : مطرقة شميدت

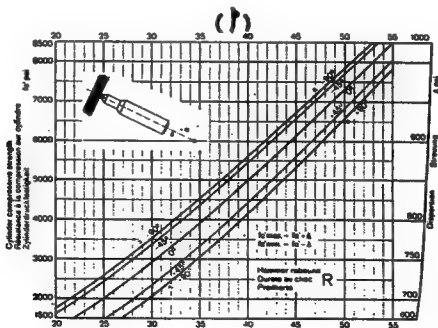
### Schmidt hammer

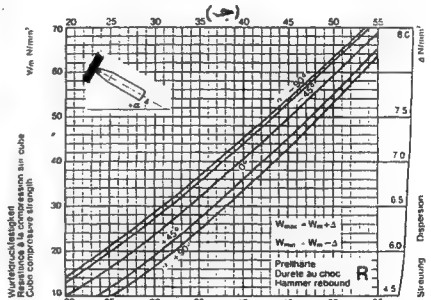
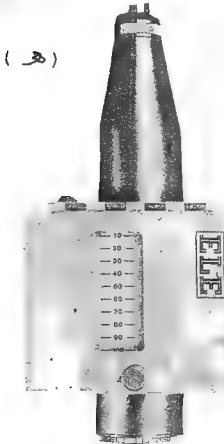
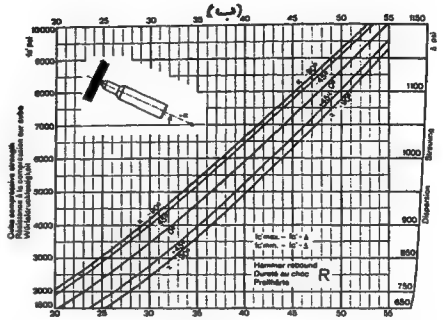
وهذا الجهاز يعمل على قياس الصلابة السطحية للخرسانة المتصلدة ويعطى فكرة عن مقاومة الخرسانة المتخيرة .

وتقوم الفكرة الأساسية لهذا الجهاز على صدم زمرق معيار على دافعة ملامسة مباشرة لسطح الخرسانة المراد اختبارها ثم ارتداد هذا الزمرق مرة أخرى وقياس مقدار هذا الارتداد ويسجل هذا الارتداد رقماً يسمى رقم الارتداد وتؤخذ مجموعة من المتحنيات للميول المختلفة على سطح الخرسانة ابتداء من الزاوية - ٩٠ حتى + ٩٠ .

ولكن يكفي الإشارة إلى أهم هذه النتائج التحذير من استعمال هذه الطريقة السهلة والميسرة دون مراعاة للمحاذير التي تصاحبها كما يفعل كثير من المهندسين عندما يعملون إلى حمل هذه المطرقة إلى البنى المراد تعويمه وبعد قيامهم باستعمالها في عدة أماكن مختلفة يصلون إلى نتيجة غير مضمونة والسبب في ذلك راجع إلى أن مثل هذه المطارق إما تعار على أساس نوع محدد ومعين من الخرسانة بركام وأصميت وظروف خاصة وضعها الصانع وهي إذاً صالحة لثل هذه الظروف فقط ولذلك فعلى الأقل لا بد من معاربتها للظروف المطلوب استخدامها فيها علماً بأن مجال الخطأ المتوقع بعد المعايرة قد يصل إلى  $\pm 20\%$  في حالة الخرسانة الجيدة وإلى  $50\%$  في حالة الخرسانة السيئة.

وبشكل عام تأثر نتائج المطرقة بنوعية الركام وتدرجه ومقاسه الاعتباري الأكبر وبكمية الحجر الأسمتي ، فكلما كان التدرج خشناً والمقاس الاعتباري الأكبر للركام أكبر وكمية الحجر الأسمتي أقل كلما كانت إمكانية وقوع الضربة على حبيبة من حبيبات الركام أكبر . مما يؤدي إلى نتائج غير صحيحة ويزداد رجوع الضارب كلما كان معامل مرونة الركام أكبر ، هذا بالإضافة إلى أن التجارب القائمة على استعمال الضارب إنما تقيس صلابة السطح وعادة ما يتعرض سطح الخرسانة لعوامل غير تلك التي يتعرض لها بقية المقطع من الداخل ولهذا السبب فإنه من السهل اعتبار مقاومة السطح مقاومة لكامل المقطع وتلعب المعالجة واتصاف الماء وكربنة الأسمنت على الأسطح دوراً كبيراً في اختلاف مقاومة السطح عن مقاومة قلب الخرسانة كما تؤثر نوعية الشدة ومدى امتصاصها ونفاذيتها للماء على نتائج القراءات ، فكل سبيل المثال تكون الجهة السفلية للبلاطة الملاصقة للشدة أكثر صلابة من الجهة العلوية وفي حالة الخرسانة الجافة القديمة جداً والتي يكون سطحها أكثر صلابة من داخلها يكون رقم الارتداد أكثر من الخفيفة . وفي حالة الخرسانة الرطبة التي تكون سطحها غالباً أقل صلابة من داخلها يكون رقم الارتداد أقل من الخفيفة . والرسومات التالية ( أ ) ، ب ، جـ متحنيات تبين العلاقة بين رقم ارتداد المطرقة ومقاومة الضغط ( د ) والرسم ( هـ ) مطرقة شميدت بدون عداد ( هـ ) والرسم ( هـ ) مطرقة شميدت بالعداد لاختبار قوة الخرسانة والعداد يسمح وجوده بإجراء عدة اختبارات السرعة ) .





### الاحياطات الواجب اتخاذها عند استعمال المطرقة :

- (١) لا بد من معايرة المطرقة على نوعية الخرسانة المستخدمة في المنشأ ولكن يمكن استخدامها دون معايرة للكربنة وأن تكون الأسطح ناعمة ومتظمة وليست خشنة والأبعاد عن الأجزاء ذات الكثافة العالية لأنها تعطي رقم ارتداد كبير جداً .
- (٢) بعد إيجاد علاقة واضحة بين قيم المطرقة والقيم الناتجة عن اختيار القلوب يمكن استخدامها في الحكم على بقية الأعضاء .
- (٣) في حالة البلاطات الخرسانية ذات سمك أقل من ١٠ سم يجب سند الجزء المختبر لتلاشي الاهتزازات الناتجة عند تحاقق تحت تأثير الصدمة .
- (٤) يتم أخذ عدد ١٥ قراءة على الأقل لرقم الارتداد بين كل موقع للقراءة والأخرى لا يزيد عن ٣ سم ثم تأخذ متوسط

العالية تمتص الأشعة أكثر من التي هي أقل كثافة، علماً بأنه كلما زادت كثافة الجزء المعرض للأشعة كلما قلت الأشعة النافذة منه والساقطة على اللوح الحساس أو فيلم الأشعة. والعكس صحيح في حالة وجود فراغات أو شروخ أو كانت الكثافة صغيرة فإن الأشعة النافذة لها والساقطة على فيلم الأشعة تكون كثيرة فيظهر سواد على ذلك الفيلم في مكان الشروخ أو مكان التعشيش علماً بأن كمية الأشعة الممتصة تتناسب طردياً مع كثافة الخرسانة وبالتالي يمكن معرفة مدى الأشعة الممتصة.

### طريقة إجراء الاختبار :

يتم استقبال الأشعة الممتصة وذلك بواسطة عمل خروم بالخرسانة بقطر حوالى ٥ سم وعلى مسافة حوالى ٢٥ سم ويتم ربط مصدر الأشعة داخل أحد هذه الثقوب كما يربط لنفس الارتفاع في التقيين المجاورين لهذا الثقب عداد جيجر وموليير.

ثاني عشر : جهاز الكشف على أماكن التسليح باكوميتير

هناك أنواع من الباكوميتر لها قدرات محددة منها ما هو بين مجرد إعطاء فكرة عن وجود تسليح من عدمه ومنها نوع متطور يمكن معايرته بحيث يعطى المقاس أو كان العمق معروفاً أو تعطى عمق التسليح أو كان مقياس السيخ الحديد معروفاً .

وفي بعض الأحيان يلزم تكسير الغطاء الخرساني في الحالة التي لا يعطى فيها الجهاز نتائج واضحة حتى يمكن التعرف على قطر السيخ وخاصة عندما يكون بالعضو المراد اختباره به تسليح كثيف congested أو في الحالات التي تشك فيها أن التشققات سببها تآكل التسليح والجهاز كما في الشكل التالي .

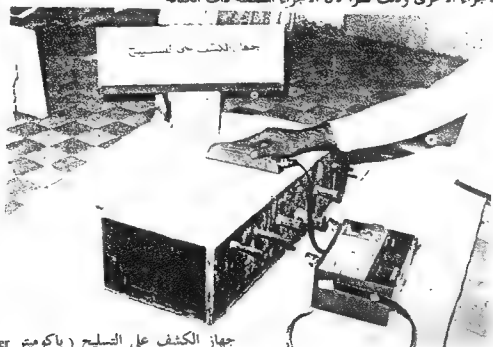
القراءات لتلافى تأثير الجيوب الهوائية في سطح الخرسانة .  
(٥) لا بد من معرفة العوامل المؤثرة فيها حتى يمكن أخذ ذلك في الاعتبار كما أنه لا بد أن يكون القام بالتجربة متدرباً عليها ، وكثيراً ما يحدث أن نرى المهندس يقوم بضرب المونة التي تعطى الخرسانة بواسطة مطرقة شميدت بدلاً من إزالة المونة وضرب سطح الخرسانة مباشرة وقد لا يلاحظ أثر الركام والتسليح وغير ذلك مما يقتضيه فن ومهارة القياسات غير المتلفة . اختصاراً لبعض العوامل المؤثرة في مطرقة شميدت .

(٦) يمكن اعتبار رقم الارتداد المتوسط مقبولاً عندما تكون هناك ١٠ قراءات من ١٥ قراءة لا تتحرف عن المتوسط بأكثر من  $\pm 2.5\%$  .

حادى عشر : اختبار بطريقة أشعة جاما : Gamma ray back

(١) هذه الطريقة يمكن بها تقدير جودة وكثافة الخرسانة ، والكشف عن أى عيوب بالعضو الخرساني وهي باستخدام أشعة جاما لتصوير الجزء الخرساني المراد اختباره على مسافة حوالى ٦٠ سم ويوضع على الخرسانة في الجزء المقابل للجهاز فيلم الأشعة ملاصقاً للخرسانة ومغلفاً من الخارج برفائق الرصاص لمنع تسرب الإشعاع ويتم تعريض الخرسانة للأشعة مدة مناسبة ثم بعدها فحص القيم ومن خلال هذا الفيلم تظهر الشروخ والفراغات في الخرسانة كخطوط سوداء وتظهر أسياخ صلب التسليح كخطوط بيضاء كما يمكن لهذا الجهاز أيضاً تحديد أماكن الفراغات الداخلية الخفية في كتلة الخرسانة ويمكن تحديد كثافة الخرسانة بواسطة تقدير مدى امتصاص الخرسانة للأشعة باستخدام عداد جيجر وموليير .

(٢) ولمعرفة أجزاء الحديد التي بها صدأ فظهر أقل بياضاً من الأجزاء الأخرى وذلك نظراً لأن الأجزاء المصمتة ذات الكثافة



جهاز الكشف على التسليح ( باكوميتير Packometer )

رابع عشر : جهاز يسمى Crackcase لقياس حالة الشروخ هذا الجهاز يتكون من أداة حفر ماسية ٣٥ مم وملحقاتها ويلزمه تيار كهربائي عاوى أو من البطارية وأبعاده  $400 \times 300 \times 100$  مم عرض  $\times$  طول  $\times$  ارتفاع وزنه حوالى ٨ كجم وهذا الجهاز يحدد عمق الشروخ وتقدير نوعية وعمق مونة الإيو كسى اللازمة لحقن الشروخ .

ثالث عشر : جهاز الخلية النصفية ( النحاس والنحاس الكبريتى )  
Copper & copper sulfate half cell

هذا الجهاز يساعد على اكتشاف مدى استبعاد التسليح للصدأ بواسطة قياسات كهربائية والفائدة كبيرة من هذا الاختبار غير المظف وهو تحديد أجزاء المنشأ التى تحتاج إلى فحص أدق والذي قد يتضمن ولا يقتصر على استخراج القلوب الخرسانية ( الاختبارات المتلفة ) .



جهاز قياس حالة الشروخ crackcase

خامس عشر : الاختبار بقياس سرعة الموجات فوق الصوتية للخرسانة : Ultrasonic - plus - velocity ( U.P.V )

وتعرف زمن الانتقال : وبذلك يمكن تعيين مدى العيوب بدقة . وقياسات سرعة الموجة لمكونات الخرسانة يمكن استخدامها لأغراض مراقبة النوعية والجودة بالمقارنة بالاختبارات الميكانيكية على عينات مراقبة الجودة مثل المكعبات أو الأسطوانات وتتميز قياسات سرعة الموجة بالتغير المباشر عن خرسانة المنشأ أكثر من العينات والتي لا تمثل تمثيلاً كاملاً لخرسانة المستخدمة فى العمل .

( أ ) القواعد الأساسية لهذه الطريقة :

( ١ ) انتشار الموجات فوق الصوتية فى الخرسانة : الموجة ذات التردد الطولى تنتج بواسطة ناقل كهروصوتى الذى يحتفظ به ملامساً لسطح واحد من الخرسانة تحت الاختبار وبعد انتقالها لطول مسار معروف ( ل ) فى الخرسانة فإن موجة الترددات تتحول إلى إشارة كهربية بواسطة ناقل ثانى ودوائر زمنية الكهرونية تمكن من قياس زمن الانتقال ( ت ) .

ل  
= ع  
ت  
سرعة الموجة ( ع ) يمكن التعبير عنها كالآتى : ع =

ويعين الناقل المستقبل على الجهاز مركبة الموجة التى تصل ميكراً وهذه هى حافة الدليل للتردد الطولى .

زمن الانتقال : هو الزمن اللازم لانتقال موجة فوق صوتية من الناقل المرسل إلى الناقل المستقبل ماراً خلال الخرسانة المحصورة وعلى الجهاز تعيين حافة دليل الموجة بواسطة الناقل المستقبل .

ما هى الأغراض التى يطبق فيها قياس سرعة الموجات فوق الصوتية للخرسانة ؟

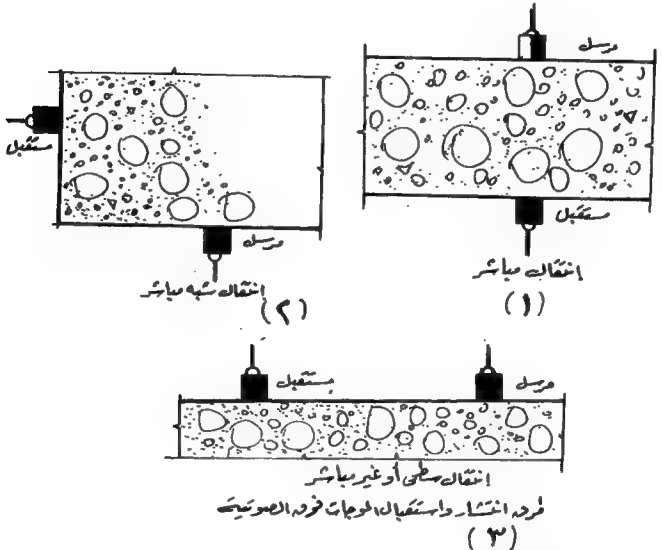
الفرض من هذه الطريقة هو قياس سرعة الموجات ذات الترددات الطولية المارة خلال الخرسانة وهذه القياسات قد تستخدم لتعيين :

- ( ١ ) تجانس الخرسانة .
- ( ٢ ) وجود شروخ أو فراغات أو عيوب أخرى .
- ( ٣ ) التغير فى مكونات الخرسانة الحادث مع الوقت .
- ( ٤ ) نوعية الخرسانة بالملاقة مع المتطلبات القياسية .
- ( ٥ ) نوعية عنصر ما من الخرسانة بالملاقة مع عنصر آخر .
- ( ٦ ) قيم معايير المرونة للخرسانة .

عند تواجد منطقة ذات دمك ضعيف أو فراغات أو تالفة

- (١) أوجه متقابلة (نقل مباشر) .  
 (٢) أوجه متجاورة (نقل شبه مباشر) .  
 (٣) نفس الوجه (نقل غير مباشر أو سطحي) وهذه الثلاث أوضاع موضحة في الشكل التالي ١ ، ٢ ، ٣ .

ومع أن اتجاه انتشار الطاقة العظمى يكون على زوايا قائمة مع وجه الناقل المرسل إلا أنه من الممكن تعيين الموجات التي تنقل في اتجاهات أخرى خلال الخرسانة .  
 ولهذا فمن الممكن عمل قياسات سرعة الموجة بوضع الناقلين على أي من :



ذات سعة ٢٪ أو ٣٪ من تلك التي تنتج بواسطة النقل المباشر وعلاوة على ذلك هذا الوضع يعطى قياس سرعة الموجة التي تتأثر دائماً بطبقات الخرسانة السطحية وهذه الطبقة قد تكون من مكونات مختلفة عن الطبقات الأعمق في الخرسانة ونتائج هذا الاختبار قد لا تمثل الخرسانة كلها .

ويجب أن يستخدم هذا الوضع فقط عندما يكون وجه واحد من الخرسانة يمكن الوصول إليه أو عندما تريد تعيين عمق شرخ سطحي أو عندما يهتما أن نعرف نوعية الطبقة السطحية بالنسبة لكل الخرسانة .

أما بالنسبة لوضع النقل شبه المباشر فله حساسية متوسطة بين الوضعين السابقين .

( ب ) أحكام اتصال الموجة مع الخرسانة :

لمعظم أسطح الخرسانة يكون التشطيب ناعماً بدرجة كافية ليؤمن تلامس صوتي جيد باستخدام وسط اتصال وبواسطة ضغط الناقل ضد سطح الخرسانة .

وأوساط الاتصال المتعارف عليها هي عجائن بترولية ، شحم ، صابون ، سائل كاولين ، وعجائن جليمرية .

( ج ) قياس سرعة الموجة في الخرسانة :

(١) اختيار وضع الناقل :

يفضل وضع النقل المباشر لأن الطاقة العظمى للموجة توجه للناقل المستقبل وهذا يعطى حساسية عظمى . أما وضع النقل غير المباشر فهو الأقل حساسية وينتج على الناقل المستقبل إشارة



٢٠ ملليمتر فأقل ٢ كذلك فهو ١٥٠ ملليمتر للخرسانة التي يتراوح فيها المقاس الاعبارى الأكبر للركام بين ٢٠ ، ٤٠ ملليمتر .

(٥) شكل وحجم العينة : يجب أن لا يقل البعد العرضى عن ٨٠ ملليمتر عندما يكون التردد الطبيعى للناقل المرسل ٥٠ كيلو هيرتز وفى حالة قياس سرعة الموجة فى عينة خرسانية بأبعاد تقل عن ذلك يجب استخدام النتائج بحرص .

(٦) تأثير أسياخ التسليح : عادة ما تكون سرعة الموجات المقاسة فى الخرسانة المسلحة عند تواجد أسياخ حديد التسليح أعلى من الخرسانة العادية ذات نفس المكونات وهذا يرجع إلى أن سرعة الموجات فى الصلب تعادل من ١,٢ إلى ١,٩ ضعف السرعة فى الخرسانة وتحت ظروف خاصة يمكن للموجة الأولى الوصول إلى الناقل المستقيم عن طريق السريان جزئياً فى الخرسانة وجزئياً فى الصلب وذلك فى الأحوال الآتية .  
(أ) عندما يكون محور أسياخ التسليح عمودياً على اتجاه الانتشار .

جدول بين معاملات التصحيح لتأثير أسياخ التسليح على اتجاه انتشار الموجة

| ل<br>ل | سرعة الموجة فى الخرسانة ع كجم / ث |       |       |
|--------|-----------------------------------|-------|-------|
|        | ع - ٣                             | ع - ٤ | ع - ٥ |
| ٠,١٠   | ٠,٩٥                              | ٠,٩٦  | ٠,٩٨  |
| ٠,١٥   | ٠,٩٢                              | ٠,٩٥  | ٠,٩٧  |
| ٠,٢٠   | ٠,٩٠                              | ٠,٩٣  | ٠,٩٦  |
| ٠,٢٥   | ٠,٨٨                              | ٠,٩٢  | ٠,٩٥  |
| ٠,٣٠   | ٠,٨٥                              | ٠,٩٠  | ٠,٩٥  |

ل = طول المسار الكلى .

ل ن = طول المسار الكلى خلال أسياخ التسليح .

(ب) اظهور لأسياخ التسليح يوازى اتجاه الانتشار :

يجب تصحيح قيمة سرعة الموجة أخذين فى الاعتبار تأثير تواجد أسياخ التسليح وسوف يعتمد ذلك على المسافة بين خط المسار وحافة أقرب سيخ تسليح ويمكن توقع تأثير أسياخ التسليح على القياسات التى تحقق النسبة ل / ف حتى ٠,٢٥ للخرسانة ذات الجودة المنخفضة وحتى ٠,١٥ للخرسانة ذات الجودة العالية حيث ( ف ) هى المسافة بين خط المسار وحافة أقرب سيخ تسليح ، ويوضح الشكل التالى تأثير تواجد

وطول المسار فى هذه الحالة يمكن اعتباره أنه المسافة بين مركزى وجهى الناقلين .

٢ - درجة دقة قياس طول المسار :

يجب أن تكون درجة الدقة أحسن من  $\pm 1\%$  ويمكن السماح بزيادتها  $\pm 1,٥\%$  للمسارات الأطول من ٥٠٠ ملليمتر ذلك إذا علمنا أن درجة دقة القياس الزمن لهذا المسار أفضل من  $1\%$  .

(د) درجة دقة قياس سرعة الانتقال :

يجب أن تكون درجة دقة قياس زمن الانتقال أفضل من  $\pm 1\%$  وذلك كما هو موضح فى الشكل السابق رقم (١).

تأثير ظروف الاختبار على قياس سرعة الموجة :

(١) ظروف السطح : يفضل أن تكون التوافق من تلامس مع أسطح الخرسانة التى تم صبها على شدة أو أورنيك لأنه قد تكون الأسطح لمكونة أخرى ( كمثال الجبل ) ذات خصائص تختلف عن مادة الجسم الرئيسى .

وإذا كان من الضرورى العمل على هذا السطح فإنه يفضل أن يقاس على مسار أكبر من المستخدم فى الأحوال العادية . ويجب أن لا يقل المسار عن ١٥٠ ملليمتر لطريقة النقل المباشر على أن يكون أحد السطحين مصبوحاً على شدة على الأقل ولا يقل عن ٤٠٠ ملليمتر للطريقة غير المباشرة عبر سطح مصبوب على شدة .

وعندما لا نستطيع أن نتجنب سطح خشن ( خاصة المساحة التى يجب أن تتلاصق مع الناقل ) يجب أن تم تسوية سطحها أو ملئها للحصول على سطح أملس باستخدام مادة مناسبة بأقل سمك ( كمثال يابض باريس أو مونة أسمنت أو مادة إيبوكسية على أن يتم السماح بفترة زمنية لتصلب المادة السائلة ) .

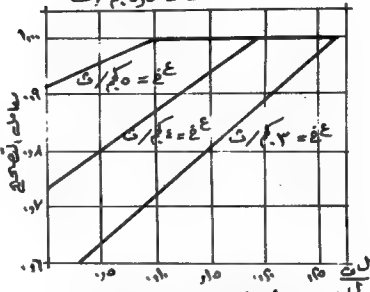
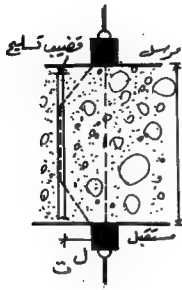
(٢) محتوى الرطوبة : يؤثر محتوى الرطوبة للخرسانة تأثيراً بسيطاً على سرعة الموجة وللمنشآت الخرسانية العادية والموجودة فى حالة تشبع يمكن حدوث زيادة فى سرعة الموجة حتى  $2\%$  .  
أعلى من نفس الخرسانة فى حالة الجفاف وفى حالات خاصة يمكن أن تصل هذه النسبة إلى  $5\%$  .  
علماً بأن أى محتوى الرطوبة يخفض تأثيره على سرعة الموجات خلال الخرسانة ذات القوة العالية عن الخرسانة ذات القوة المنخفضة .

(٣) درجة حرارة الخرسانة : لوحظ أن تغير درجة حرارة الخرسانة بين  $5^\circ$  إلى  $30^\circ$  درجة مئوية لا يؤدى إلى تغير ملحوظ فى قيمة سرعة الموجة المقاسة فى الخرسانة .

(٤) طول المسار : أقل طول مسار هو ١٠٠ ملليمتر للخرسانة التى لا يؤيد أقصى مقاس اعبارى للركام فيها عن

أسيخ موازية لمسار للموجات على السرعة عندما تكون  $C = 0.5$  كم/ث .

$$C = 0.5 \text{ كم/ث}$$



شكل يبيّن تأثير أسيخ التسليح على سرعة الموجة  
لأسيخ موازية لمسار الموجة

(ز) تغير القياس عند تغير خصائص الخرسانة :

التغيرات الحادثة في خصائص الخرسانة مع الوقت تكون إما بسبب عملية المداخلة أو تأثير البيئة المتلفة أو للتحميل الزائد ويمكن تخفيفها بواسطة تكرار القياسات لسرعة الموجة في توقيتات مختلفة .

وتمثل التغيرات المقاسة في سرعة الموجة التغيرات الحادثة في القوة وتتميز بإمكان تفليها على فترات زمنية متتالية على نفس عينة الاختبار خلال البحث .

وتفيد قياسات سرعة الموجة لمتابعة عملية التصلب وعلى الأخص خلال أول عملية للتصلب وعلى الأخص خلال أول ٣٦ ساعة وهنا تحدث تغيرات سريعة في سرعة الموجة مرتبطة مع التغيرات الفيزيوكيميائية الحادثة في مكونات الأسمنت وعادة ترغب في أن تتم القياسات على فترات من ١ إلى ٢ ساعة إذا تطلب متابعة دقيقة لهذه التغيرات وعند تصلب الخرسانة يمكن زيادة هذه الفترات إلى يوم واحد أو أكثر وذلك بعد مرور فترة ٣٦ ساعة من بدء الصب .

يمكن حدوث تلف للخرسانة نتيجة مهاجمة مواد متلفة أو بواسطة التجمد أو ذوبان الجليد وكتيجة لذلك يحدث انخفاض في سرعة الموجات ويمكن متابعة التلف التمثال بواسطة تنفيذ قياسات متتالية لسرعة الموجات ويفضل أن يكون امتداد العينة تحت الاختبار في مواضع التحقيق أعلى نسبة من طول السطح المعرض للسليج وحيث تكون التغيرات ملحوظة بوضوح .

ج) تأثير الإجهاد : عندما يتم تعرض الخرسانة لإجهاد عالي بدرجة غير عادية بالنسبة لنوعية الخرسانة يمكن حدوث انخفاض في سرعة الموجة نتيجة تكون شروخ ميكروسكوبية .

(و) تجانس الخرسانة : في حالة عدم تجانس الخرسانة المكونة لمنصر يحدث بالتالي تغير في سرعة الموجة كنتيجة للتغير في النوعية وتوفر قياسات سرعة الموجة طريقة لدراسة التجانس عن طريق اختيار نقط قياس تغطي بانتظام الحجم التقريبي للخرسانة المنشأ علماً بأن الفواصل بين نقط الاختبار تعتمد على حجم المنشأ ودرجة الدقة المرغوب فيها والتغير الحادث في نوعية الخرسانة أما في المنشآت الكبيرة ذات الخرسانة المنتظمة يمكن القياس عند أركان شبكة  $1 \times 1$  متر .

أما في المنشآت الأقل حجماً وذات الخرسانة المتغيرة يمكن استخدام شبكة أقل من الأبعاد المذكورة ويمكن التغير عن التجانس على هيئة عناصر إحصائية مثل الانحراف المعياري لقياسات سرعة الموجة على امتداد شبكة القياس .

ويمكن استخدام هذه العناصر لمقاومة التغيرات الحادثة في أجزاء خرسانة متائلة الأبعاد .

ودرجة أهمية هذه التغيرات يجب الحكم عليها آخفين في الاعتبار التأثير المتوقع حدوثه عليها من خلال أداء العناصر الإنشائية المعنية ، وهذا يعني أن التفاوت المسموح بها في النوعية بين العناصر المختلفة يجب أن تكون منسوبة لتوزيع الإجهادات عليها تحت تأثير ظروف أحمال التشغيل الحرجة أو ظروف تعرضها .

## (ح) جهاز القياس :

على هذه الظروف بواسطة المورد .

## (٢) النواقل :

يمكن استخدام نواقل ييزو إليكتروك ومغناطيس دقيق علماً بأن الأخير أكثر ملائمة لمدى التردد المنخفض والتردد الطبيعي للنواقل يجب أن يتراوح من ٢٠ وحتى ١٥٠ كيلو هرتز وقد وجد أن تردد النواقل التي تصلح للغالبية العظمى من الاستخدامات يتراوح بين ٥٠ إلى ٦٠ كيلو هرتز .

## (٣) تحديد زمن وصول الموجة على الجهاز :

(أ) أو سيلي سكوب ذو أشعة كاثود : فى حالة استخدام جهاز يوضح نتائج بواسطة أو سيلي سكوب ذو أشعة كاثود يجب تكبير الموجة المستقبلية إلى أقصى حد ممكن مع الأخذ فى الاعتبار الاحتفاظ بشكل مميز ( شكل النجيل ) على أن تتابع دليل الزمن ويؤخذ فى الاعتبار أن الموجة على الجهاز هى نقطة التماس لمنحنى الإشارات مع الخط الابتدائى الأفقى لدليل الزمن كما هو موضح بالشكل التالى .

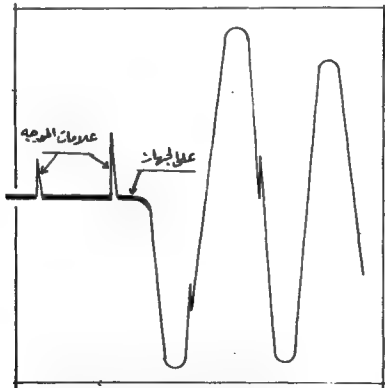
يتكون الجهاز من مولد موجات كهربائية وزوج من النواقل ومكبر وجهاز زمنى الكترونى لقياس الفترة الزمنية المستهلكة لانتقال الموجة المولدة من على الجهاز عند الناقل المرسل وحتى الوصول على الجهاز عند الناقل المستقبل .

(١) متطلبات الأداء : يجب أن يوفر الجهاز للملاح التالية :  
( أ ) يجب أن يكون قادراً على قياس زمن الانتقال بدقة  $\pm 1\%$  .

( ب ) يجب أن تكون الموجة الالكترونية المنشطة عند الناقل المرسل لها زمن ارتفاع لا يزيد عن ربع الفترة الطبيعية وهذا لتأكيد حدة الموجة على الجهاز .

( ج ) يجب أن يكون تكرار تردد الموجة منخفضاً بحيث يؤمن من استقبال الإشارة على الجهاز خاصة مع عينات خالية من الارتداد العكسى بواسطة الموجة السابقة .

( د ) يجب أن يؤمن الجهاز أداء سليماً لمدى من درجات الحرارة والرطوبة المحيطة به كذلك فرق جهد التيار على أن ينص



## شكل يبين طريقة وضع الموجة على الجهاز

(ج) ضبط الصفر للأجهزة الزمنية : يفضل بصفة عامة تنفيذ ضبط زمن التأخير أثناء أحكام اتصال النواقل على وجهين متقابلين لقضيب عيارى مناسب معروف له زمن الانتقال بدقة .

- يجب تنفيذ الضبط الصفرى لزمن التأخير للجهاز عند كل استخدام أو عند استخدام نواقل مختلفة أو عند تبديل النواقل

(ب) الأجهزة الرقمية : يجب أن تشكل وتكرر الموجة المستقبلية بالأجهزة الرقمية للمستوى ولارتفاع الزمن ليتمكن الزمان الرقمية من التقاطها .

ويجب أن يلتقط الزمان من نقطة على حافة الدليل للموجة خلال فترة زمنية تتناسب مع مدى الدقة .

مكان بعضها وقد يحتاج الأمر لتنفيذ أكثر من اختبار للضغط الصفري وذلك طبقاً لاتزان الدوائر الكهربائية والكابلات .  
(ط) - عرض النتائج في التقرير :

يجب أن يحتوي التقرير على نتائج الاختبارات والبيانات التالية كلما أمكن ذلك :

( ١ ) نوع وصانع الجهاز ودرجة دقة قراءاته وتردد الموجة أو أى ملامح خاصة به .

( ٢ ) وصف للمنشأ والعينات المختبرة .

( ٣ ) مواصفات الخرسانة .

( ٤ ) المكونات الاعتيادية للخرسانة :

( أ ) نوع الأسمنت . ( ب ) محتوى الأسمنت .

( ج ) نسبة الماء إلى الأسمنت . ( د ) حجم ونوع الركام .

( هـ ) الإضافات المستخدمة .

( ٥ ) ظروف المعالجة ودرجة الحرارة وعمر الخرسانة عند وقت الاختبار .

( ٦ ) كروكي يوضح وضع النواقل ونقط ومسارات انتشار الموجة ويجب أن يوضح هذا الكروكي تفصيلات أسياخ حديد التسليح أو الأنابيب في مساحات الاختبار .

( ٧ ) حالة السطح عند نقط الاختبار ( ناعم أو جلاء خشن ) .

( ٨ ) حالة الرطوبة الداخلية المتوقعة في الخرسانة عند توقيت تنفيذ الاختبار. كمثال سطح مبلل - جاف ولكن رطب ( تم فك الشدة من فترة قصيرة ) جاف التهيؤ ( تم فك الشدة في بيئة جافة منذ فترة ليست قصيرة ) .

( ٩ ) طول المسارات وطرق القياس ودرجة الدقة المتوقعة .

( ١٠ ) القيم المقاسة لسرعة الموجة .

( ١١ ) قيم سرعة الموجة المصححة لتواجد أسياخ حديد التسليح .

(ى) - تفسير النتائج :

لتفسير نتائج قياسات سرعة الموجات فوق الصوتية يجب الرجوع إلى البنود ثالثاً ورابعاً وخامساً والخاصة على التوالي باستخدام هذه القياسات لاستنتاج قيم ثوابت المرونة والقوة ولتحديد مدى العيوب في الخرسانة في البنود التالية .

أولاً : اختبار درجة دقة قياس زمن الانتشار : من الضروري اختبار الأداء الكلى بتنفيذ قياسات على عيتين قياسييتين معروف مسبقاً لهم زمن الانتشار بدقة ويفضل أن يكون زمن الانتشار للعتين القياسيتين هو ٢٥ ميكروث و ١٠٠ ميكروث والعتبة القياسية الأقل تستخدم لضبط صفر الجهاز كما سبق لإصحاحه ، والعتبة القياسية الأطول تستخدم لاختبار دقة

قياس زمن الانتقال بواسطة الجهاز ، وتنفيذ القياسات على العينات بوضع ناقل على كل نهاية ويتم تسجيل قراءة زمن الانتقال ومن الضروري تنفيذ أحكام اتصال جيد ويجب استخدام طبقة رقيقة جداً من وسط أحكام الاتصال والتي تفصل نهايتي كل من العينة عن الناقل للملامس ويجب أن لا تختلف القياسات المسجلة عن القياسات المعروفة للعتبة القياسية بأكثر من  $\pm 0.5\%$  .

ثانياً : قياس سرعة الموجات باستخدام طريقة النقل السطحي أو الغير مباشر .

يوضح الرسم رقم ٣ السابق بأول البحث من طرق انتشار واستقبال الموجات فوق الصوتية أوضاع هذه الطريقة عند استخدام هذا الوضع يظهر بعض عدم التحقيق من الطول الدقيق لمسار الانتقال بسبب المساحة المميزة لسطح التلامس بين النواقل والخرسانة ولذلك من المفضل تنفيذ عدة قياسات باستخدام النواقل على مسافات مختلفة لحذف عدم التحقيق .

ولتنفيذ ذلك يجب وضع الناقل المرسل متلامساً مع سطح الخرسانة في موضع ثابت أما الناقل المستقل فيوضع على مسافات تتزايد بقيم ثابتة على امتداد خط مستقيم على السطح .

توقع أزمته الانتقال المسجلة على هيئة نقط على رسم يوضح علاقته مع المسافة التي تفصل النواقل ، يوضح الشكل التالى الذى يبين تحديد سرعة الموجة بالطريقة السطحية الغير مباشرة مثال لذلك ، وبمثل ميل أفضل خط مستقيم يمكن رسمه خلال النقط الموقعة متوسط سرعة الموجة على امتداد خط مستقيم على سطح الخرسانة ، وفي حالة استنتاج أن النقط الموقعة أوضحت عدم استمرارية فإن ذلك يشير إلى تواجد شرخ سطحي أو طبقة سطحية ذات جودة أقل ( كما سيذكر في رابعاً وتكون السرعة المقاسة في هذه الحالة غير مقبولة ) .

ثالثاً : تعيين معايير المرونة ونسبة بواسون الدينامية للخرسانة .

تغير قيم معايير المرونة ( كل من الدينامية والاستاتيكية ) ونسبة بواسون والكثافة من نقطة إلى أخرى في منشأ خرساني وليس من الممكن دائماً تنفيذ اختبارات الرنين على عناصر المنشآت لتحديد قيم هذه الخواص ولذلك فيمكن استخدام العلاقات العلمية لتوقع قيم معايير المرونة الاستاتيكية والديناميكية من قياسات سرعة الموجات المنقذة على عند أى موضع في منشأ وهذه العلاقات معطاة في الجدول التالى وتطبق على معظم الخرسانة المنقذة باستخدام الركام الطبيعي والقيم المتوقعة لمعايير المرونة باستخدام هذا الجدول سوف تحقق درجة دقة أعلى من  $\pm 1\%$  .

### جدول بين العلاقة العملية بين معايير المرونة الإستاتيكي والديناميكي وسرعة الموجة

| سرعة الموجة          | معايير المرونة               |                              |
|----------------------|------------------------------|------------------------------|
|                      | الديناميكي                   | الإستاتيكي                   |
| كجم / م <sup>٣</sup> | ألف ك نيوتن / م <sup>٢</sup> | ألف ك نيوتن / م <sup>٢</sup> |
| ٣,٦                  | ٢٤٠٠٠                        | ١٣٠٠٠                        |
| ٣,٨                  | ٢٦٠٠٠                        | ١٥٠٠٠                        |
| ٤,٠                  | ٢٩٠٠٠                        | ١٨٠٠٠                        |
| ٤,٢                  | ٣٢٠٠٠                        | ٢٢٠٠٠                        |
| ٤,٤                  | ٣٦٠٠٠                        | ٢٧٠٠٠                        |
| ٤,٦                  | ٤٢٠٠٠                        | ٣٤٠٠٠                        |
| ٤,٨                  | ٤٩٠٠٠                        | ٤٣٠٠٠                        |
| ٥,٠                  | ٥٨٠٠٠                        | ٥٢٠٠٠                        |

ويجب قياس سرعة الموجة على امتداد العينة في اتجاه متعامد على اتجاه الصب للخرسانة داخل الأورنيك وفي حالة الكمرات يفضل قياس سرعة الموجة على امتداد طولها للحصول على دقة أعلى .

### ٣ - طريقة وضع علاقة متبادلة مع أداء إنشائي لوحات سابقة الصب :

يطلب أحياناً تطابق بعض العناصر سابقة الصب مع متطلبات أداء قوة ميكانيكية معينة ولمثل هذه العناصر يمكن وضع علاقة متبادلة بين قياسات سرعة الموجة وبعض الأنماط الخاصة باختبارات أداء القوة وهذا يجب تنفيذه بقياسات لسرعة الموجة على العناصر في اتجاهات المناسبة التي يتوقع للخرسانة الفشل فيها تحت ظروف اختبارات التحميل .

وطريقة الحصول على علاقة تبادلية بالرسم في هذه الحالات يجب أن تكون مشابهة لما هو موضح في البند (٧) السابق .

**خاصة : تحميل العيوب :** عند تقابل موجة فوق صوتية (منتقلة خلال خرسانة) مع سطح مشترك بين الخرسانة والهواء يحدث انتقال ضعيف للطاقة على امتداد السطح لذا في حالة تواجد شرخ مجملء الهواء أو فراغات بين ناقلين يعترض ذلك الحزمة فوق الصوتية عندما تكون المساحة المسقطية للفراغ الهوائي أكبر من مساحة النواقل .

في هذه الحالة سوف تكون أول موجة تصل إلى الناقل المستقبل قد حادت حول محيط الجزء المتيب وبالتالي سوف يزيد زمن الانتقال بخرسانة مماثلة بدون عيوب .

### البند التالية توضح أسلوب تفسير نتائج الاختبارات المنفذة لتحسين العيوب :

#### ١) تعيين الفجوات : والفراغات الكبيرة :

يمكن تحديد تواجد الفجوات الكبيرة بقياس زمن انتقال الموجة المارة بين ناقلين عندما يكونا في موضع بحيث تقع الفجوة على المسار المباشر بينهما ، وحجم هذه الفجوة يمكن توقعه باعتبار أن الموجات تمر خلال أقصر مسار بين النواقل حول الفجوة .

**٢) توقع عمق شرخ سطحي :** ترغب في بعض الأحيان الحصول على توقع لعمق شرخ مرئي على سطح خرسانة منشأ ونحصل على ذلك بقياس أزمدة الانتقال عبر الشرخ . لوضعيين مختلفين للنواقل على السطح ، ويوضح الشكل التالي وضع مناسب الذي فيه توضع النواقل الراسلة والمستقبلة على جهتين مقابلتين بالنسبة للشرخ وعلى مسافات متساوية منه ويتم اختيار قيمتين للمسافة (ف) ويتم قياس زمن الانتقال لكل منها والقيم للملازمة للمسار هي ١٥٠ م ، ٣٠٠ م وفي حالة

### رابعا : العلاقة المتبادلة مع الاختبارات القياسية للقوة :

١ - توقع قوة الخرسانة : توضح المواصفات طرق اختبار الخرسانة المتصلة لقياس القوة على كل من عينات الخرسانة المصبوبة والعينات المنتخبة خلال أعمال تشييد الخرسانة وتستخدم نتائج هذه الاختبارات لإيضاح جودة ونوعية الخرسانة خاصة بالنسبة لأدائها كإدانة ملائمة لتأكيد النوعية والجودة لكل من الخرسانة المصبوبة في الموقع والسابقة الصب ومن الملامم التعبير عن النتائج بالعلاقة مع الاختبارات الموضحة بالمواصفات .

الاختبارات الأخيرة تقبل عموماً كمقياس للجودة ، أما الاختبار الفوق صوتي فيمكن استخدامه أفضل لربط سرعة الموجة مباشرة مع أداء مكونات خرسانية لأنماط خاصة من المنشآت .

### ٢ - طريقة علاقة متبادلة مع اختبارات قياسية للقوة :

عند وضع هذه العلاقة المتبادلة يجب اختيار عدداً كافياً من العينات لتغطية مدى مناسب من القوة ولتوفير جدارة إحصائية ينصح بتجهيز واختبار عدد ٣٠ عينة على الأقل تغطي مدى القوة المرغوب فيه ، ويمكن تغيير القوة بتعديل إما :

- ١) نسبة الماء إلى الأسمنت .
- ٢) العمر عند الاختبار .

٣) درجة الدمك : ويعطى ذلك نتائج مرضية في حالة الحصول على توزيع منتظم لخوضى الفراغات علماً بصعوبة تحقيق ذلك .

لذلك فمن الضروري استخدام طريقة واحدة لتغير القوة لعلاقة متبادلة معينة وبما يناسب التطبيق للمطلوب .

العلاقة المتبادلة التي تحصل عليها بتغير عمر الخرسانة مناسبة لتطبيقها في مراقبة تطور القوة ولكن لأغراض مراقبة الجودة يفضل استخدام علاقة متبادلة بواسطة تغير نسبة الماء إلى الأسمنت .

ويمكن استخدام التسلسل الموضح ثانياً ثم ترسم النتائج ( كما هو موضح بالشكل التالي الذي يبين تحديد سرعة الموجة بالطريقة السطحية غير مباشرة ) ، وتنقل الموجات خلال الطبقة السطحية للمسافات القصيرة التي تفصل النواقل ، وميل الخط المستقيم الناتج يمثل سرعة الموجة في هذه الطبقة السطحية ومد المسافة معينة بين النواقل تكون أول وجه وصلت للنقل قد مرت خلال الطبقة السليمة السفلية ( ذات جودة خرسانية أعلى ) ويعطى ميل الخط المستقيم الثاني سرعة الموجة في هذه الطبقة المسافة (ف) والتي عندها تغير ميل الخط المستقيم تقع السرعة المقاسة في طبقتين خرسائيتين مختلفتين ويمكننا ذلك من توقع سمك الطبقة السطحية كالآتي :

$$S = \frac{F \cdot C - S \cdot C}{2 \cdot C + C}$$

حيث C ت : سرعة الموجة في الطبقة التالفة .

C س : سرعة الموجة في الطبقة السليمة .

S : سمك الطبقة التالفة .

(ف) المسافة التي تغير عندها ميل الخط المستقيم ويكون استخدام الأسلوب السابق للمساحات ذات الجودة الرديئة والتي تكون درجة التلف فيها تجعل ( C ت ) تقل بطريقة ملحوظة عن ( C س ) .

وفي حالة تواجد مناطق ذات خرسانة معششة يمكن تحديد السلك باستخدام الأسلوب السابق ولانتشار الموجات سطحياً ( الانتشار الغير مباشر ) بالإضافة إلى طريقة الانتشار المباشر .

استخدام هذه القيم يمكن إعطاء عمق الشرخ بالمعادلة التالية .

$$L = \sqrt{\frac{4 \cdot C_u^2 - C_s^2}{C_u^2 - C_s^2}} \cdot 150$$

حيث L = عمق الهواء الملأ للشرخ

C<sub>u</sub> = زمن الانتقال لمسافة F = 150 م

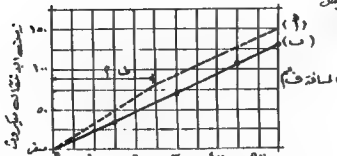
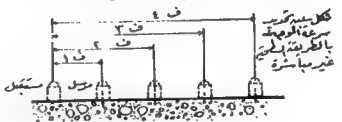
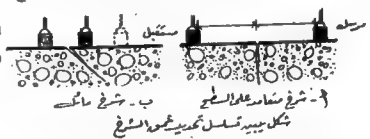
C<sub>s</sub> = زمن الانتقال لمسافة F = 300 م

المعادلة ( السابقة ) تم استنتاجها على فرض أن الشرخ متعامد على سطح الخرسانة ، وأن الأجزاء المحيطة به ذات جودة منتظمة .

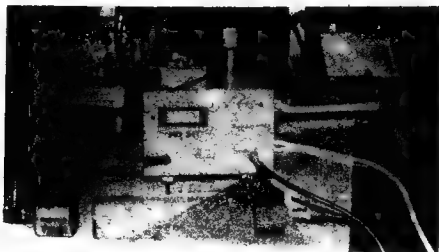
ويمكن تنفيذ اختبار للتأكد من تعامد الشرخ على السطح بواسطة وضع النواقل أقرب ما يمكن للشرخ ( كما هو موضح بالشكل التالي الذي يبين تحديد عمق الشيوخ ) وتحريك إحداها بالتالي بعيداً عن الشرخ وعند حدوث نقص في زمن الانتقال يكون ذلك مؤشراً على أن اتجاه ميل الشرخ في الاتجاه الذي يتحرك فيه الناقل .

٣ - توقع سمك طبقة خرسانة ذات جودة رديئة :

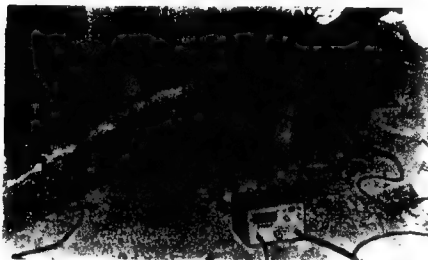
قد تشك في تواجد طبقة سطحية للخرسانة رديئة، وقد يحدث ذلك أثناء التصنيع أو كنتيجة لتلف بالحريق أو الصقيع أو هجوم من الكبريتات ويمكن توقع سمك هذه الطبقة السطحية للخرسانة بواسطة قياسات فوق صوتية لزمن الانتقال على امتداد السطح



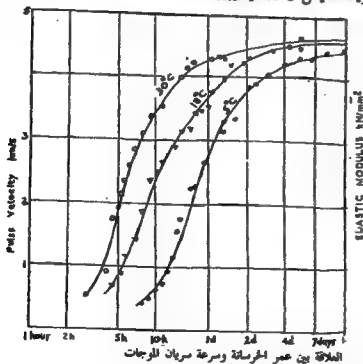
١ - نتائج ضياع الطبقة السليمة سمك ٥٠ سم ذات جودة رديئة  
٢ - النتائج لخرسانة متجانسة



صورة تين مكونات جهاز الموجات فوق الصوتية

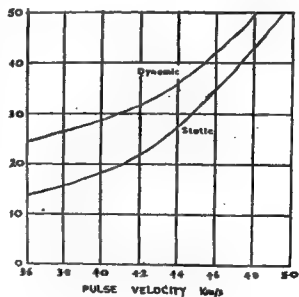


صورة تين طريقة القياس لأحد الأعمدة



حتى بين أنه يمكن قياس مقاومة الخرسانة في أعصار ميكرو  
يصل إلى ٣ ساعات

٢٤م الإنشاء والإيجار



حتى يوضح تأثير معيار المرونة على سرعة مريان للموجات

## الفصل الرابع

### الاختبارات المتلفة للخرسانة :

أولاً : اختبار القلب الخرساني : في الحالات التي لا تفي فيها نتائج اختبار الضغط بمتطلبات المقاومة أو في حالة الشك بمقاومة الخرسانة في عنصر لا توجد خرساته نتائج اختبار تؤخذ منه قلوب خرسانية ويتم أخذها وإعدادها واختبارها طبقاً للمواصفات القياسية المصرية ، وتجبر الخرسانة مقبولة إذا كان متوسط المقاومة المحسوبة للعينة القياسية لا يقل عن ٨٠ ٪ من المقاومة المطلوبة وبشرط أن لا يزيد الفرق بين المقاومة العليا والمقاومة الدنيا لقلوب الخرسانة عن ٢٥ ٪ من متوسط المقاومة إذا لم يتحقق هذا الشرط فيجب إجراء اختبار تحميل .

### العوامل التي تؤثر في اختبار القلب الخرساني :

أ ) العلاقة بين مقياس القلب والمقياس الاختباري للركام : بالنسبة للعينات المستخرجة من قلب الخرسانة فقد ثبت أن مقاومة الضغط تتأثر كثيراً بنسبة البعد الأصغر ( القطر ) إلى المقياس الاختباري الأكبر كلما قلت هذه النسبة عن ( اثنين ) ، ويتلائم هذا الأمر كلما زادت عن ( اثنين ) بل يكاد يتعلم عندما تقترب من ( ثلاثة ) .

ولهذا السبب يؤكد عدد من المواصفات مثل البريطانية ، الأمريكية ، الألمانية على أن لا تقل النسبة بين أصغر بعد مقياس للعينة والمقياس الاختباري الأكبر للركام عن ( ثلاثة ) حتى يمكن ضمان اختفاء هذا الأثر على نتائج مقاومة الضغط . ولهذا ننصح بأن يكون قطر القلب الخرساني في العادة في حدود ١٠٠ مم لأن المقياس الاختباري الأكبر للركام يتراوح في خرسانة المنشآت المعتادة بين ١ - ٤ سم .

ب ) تأثير اختلاف أقطار العينات على مقاومة الضغط : في حالة ثبات ارتفاع العينة / قطرها عند الواحد الصحيح فإن مقاومة العينات بقطر ١٠ سم تزيد بحوالى ٥ ٪ عن مقاومة العينات بقطر أكبر من ١٠ سم أى لا تزيد عن مقاومة القلب بقطر ١٥ سم إلا في حدود ١٠ ٪ وأما الأقطار أقل من ١٠ سم فتزيد مقاومتها للضغط عن مقاومة القلب الخرساني القياسي وذلك بشرط ثبات نسبة ( الارتفاع / القطر ) عند الواحد الصحيح .

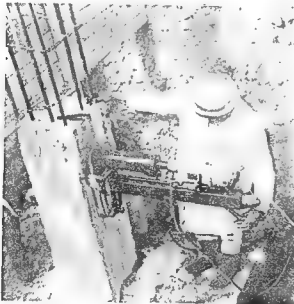
### ج ) أثر اختلاف نسبة الارتفاع إلى القطر :

تنصح المواصفات الأمريكية أن يكون نسبة ( الارتفاع / القطر ) تساوى ٢ والمواصفات الألمانية تساوى واحد صحيح والمواصفات البريطانية تساوى من ( ١ - ٢ ) علماً بأن المواصفات الألمانية اختارت النسبة واحد صحيح لأن الأبحاث

لديهم أثبتت أن المقاومة لضغط الأسطوانات التي نسبتها واحد صحيح تساوى تقريباً ضغط المكعب الذي يستخدم عادة في الاختبارات القياسية للبحر ومن هنا فإنه يكون من المفيد أن تكون النسبة واحد صحيح عندما تكون مواصفات الخرسانة مبنية على اختبارات قياسية لمكعبات خرسانة ١٥ × ١٥ × ١٥ سم وذلك حتى يسهل المقارنة بين النتائج دون حاجة إلى تحويل القيم من الأسطوانات إلى المكعب .

د ) أثر تجهيز العينة للاختبار : يجب أن يكون سطح العينة مستوياً ويكون عمودياً على محورها لأن عدم استواء السطح يخفض مقاومة الضغط إلى ٣٣ ٪ كما أن استخدام مونة الكبريت لتسوية السطح يؤدي إلى خفض مقاومة الضغط في حالة الخرسانة عالية المقاومة وذلك عند زيادة سمك طبقة التبلتين ويستحسن أن يغطى سطح العينة بمونة أسمنتية ذات مقاومة تساوى مقاومة الخرسانة تقريباً .

وتفضل المواصفات البريطانية تسوية السطح بآلة مناسبة وتوصي المواصفات الأمريكية باستخدام الجبس على المقاومة أو مونة الكبريت كما تسمح المواصفات الألمانية والبريطانية بتسوية سطح العينة بمونة أسمنتية أو كبريتية .



أحد الاجهزة المستعملة في استخراج القلوب الخرسانية



### ز) أثر الرطوبة على العينات :

توصي المواصفات الأمريكية والبريطانية بحفظ العينات تحت الماء حوالي ٤٨ ساعة قبل إجراء عملية الاختبار وتوصي المواصفات الألمانية إلى اختبار العينات برطوبة نسبية مساوية لرطوبة الجو .

علماً بأن العينات الرطبة في العادة تعطى مقاومة ضغط أقل من العينات الجافة وتنص بعض المراجع على أن فقدان ١٪ بالوزن من الرطوبة يرفع مقاومة الضغط بمحالي ١٠٪ وتصل إلى ٥٠٪ في حالة نسبة الماء إلى الأسمنت water cement ratio تكون عالية ، ومن الأفضل اختبار العينات بالحالة الرطبة أو الجافة وذلك حسب الجو الذي يحيط بالمنشأ والتي ستؤخذ من العينة .

### ح) أثر التحول الكربوني على المقاومة :

الكربنة عبارة عن تحويل أيدروكسيد الكالسيوم  $Ca(OH)_2$  الذي من خصائصه انخفاض المقاومة ويتحول الأيدروكسيد إلى كبريد الكالسيوم  $CaC_2$  ذات المقاومة العالية - علماً بأن أثر الكربنة يكون واضحاً على سطح الخرسانة عند استخدام الطرق غير المتلفة لقياس مقاومة الضغط إلا أن الكربنة يمكن أن تؤثر على نتائج المقاومة للقلب الخرساني إذا كان مدى الكربنة عميقاً ولتحديد عمق الكربنة الناتجة عن تفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو وذلك برش الأجزاء المكسورة حديثاً بمحلول الفينولفثالين والذي يتغير لونه من عديم اللون في العينات المكربنة إلى أحمر بنفسجي في العينات الغير مكربنة وقد تم أخذ معدل القراءات على الأوجه الأربعة لكل عينة كدلالة عمق الكربنة في العينة .

### ط) أثر المكان الذي تؤخذ منه العينة :

من المعروف أن مقاومة الخرسانة تتأثر بعدة عوامل مثل نسبة الماء إلى الأسمنت واختلاف الدمك ودرجة الرطوبة والحرارة والتعشيش ومدى سلك العضو الذي سيؤخذ من العينة وكذلك مدى كربنة السطح .

ويمكن القول إن خرسانة المبنى تتأثر بعوامل كثيرة عن العوامل التي تتأثر بها العينات المختبرة .

### ثانياً : اختبار تحميل العناصر والمنشآت الخرسانية :

يجري هذا الاختبار للكميرات والبلاطات والأسقف ، وتجري اختبارات التحميل على المنشأ بعد إقامه إذا طلب ذلك في مواصفات العملية أو إذا كان هناك سبب يدعو إلى الشك بعد إقامه إذا طلب ذلك في المواصفات العملية أو من حيث متانته ولا يجوز عمل هذه الاختبارات قبل انتهاء ستة أسابيع من ابتداء التصلد للخرسانة وفي هذه الاختبارات يتم أخذ القراءات



ومنظر العضو بعد إستخراج القلب منه

هـ) أثر وجود أسياخ تسليح في العينة على مقاومة الضغط :

تنص المواصفات الألمانية من أجل خفض الآثار المترتبة على وجود التسليح وعدم استعمال القلوب في الحالات الآتية :

- ١) عندما تزيد نسبة حجم التسليح في الثلث الأوسط في ارتفاع العينة إلى حجم العينة بأكملها .

- ٢) عندما تزيد نسبة حجم التسليح إلى حجم العينة عن ٥٪ وعندما يكون أسياخ التسليح مع الاتجاه الذي سيتم عليه ضغط العينة .

ومن الأفضل استعمال العينة التي ليس فيها حديد وكما أن وجود أسياخ تسليح عالي المقاومة في القلب يؤدي إلى إعاقة التمدد العرضي وخاصة عندما يكون اتجاه التسليح عمودياً على محور آلة الاختبار نظراً لارتفاع قيمة معامل مرونة الحديد أكثر من معامل مرونة الخرسانة فيؤدي ذلك إلى حدوث تشققات على طول أسياخ التسليح وذلك أثناء ضغط العينة وزيادة حمل الاختبار .

وتنص المواصفات الأمريكية على تجنب استخدام القلوب التي تحتوي على تسليح بقدر المستطاع ، كما تنص المواصفات البريطانية على حفظ مقاومة العينات التي بها أسياخ تسليح وذلك تبعاً لمقاسات القلب وأقطار أسياخ التسليح وأصغر مسافة بين التسليح وحافة العينة .

### و) أثر اتجاه أخذ (حضر العينة) :

لا يوجد اختلاف كبير في أثر اتجاه الحفر على العينة سواء كان في اتجاه الصب أو عمودياً عليه ولكن بعض المراجع تنص على أنه هناك اختلاف واضح بين الاتجاه العمودي والأفقى إذا كانت الخرسانة ذات عمق كبير مثل الجسور والمحاطات السائدة .

المسترجع من سهم الانحناء الأقصى بعد ٢٤ ساعة من رفع الحمل عن ٧٥٪ من قبة سهم الانحناء الأقصى وأن يكون عرض الشروخ في حدود المسموح به .

- وفي خلال ٢٤ ساعة من رفع مرة ونصف الحمل الخي إذا لم يسترجع ٧٥٪ على الأقل من سهم الانحناء الأقصى الذي سجل بعد التحميل في مدة الأربع والعشرين ساعة يجب إعادة الاختبار بنفس الطريقة السابقة .

- يعتبر جزء المنشأ غير مقبول إذا لم يختلف على الأقل ٧٥٪ من سهم الانحناء الذي ظهر أثناء الاختبار الثاني أو إذا كانت عروض الشروخ أكبر من المسموح به .

وإذا ظهر على جزء من المنشأ أثناء الاختبار أو بعد رفع الحمل أية علامة من علامات الضعف أو سهم انحناء غير متظر أو خطأ في طريقة الانشاء وجب على المصمم اتباع الحلول التالية :

- وضع ركائز إضافية إن أمكن .
- عمل التخفيض الممكن في الأحمال الحية وتحسين توزيع الأحمال وتعديل ترتيب الأحمال المركزة .
- عمل التخفيض الممكن في الأحمال الميتة .
- عمل التخفيض الممكن للتأثير الديناميكي إن وجد .
- ويعتبر المنشأ غير صالح للاستعمال للغرض المقصود أصلاً إذا كانت جميع هذه الإجراءات لا تزال غير كافية .
- والعناصر غير المعرضة لزوم انحناء بصفة أساسية فيتم تقييم أمانها عن طريق التحليل الإنشائي ولا يجوز إجراء اختبار تحميل

الأساسية لسهم الانحناء قبل إجراء التحميل مباشرة ثم يعرض جزء المنشأ المراد اختباره لحمل مقداره مرة ونصف الحمل الخي المنصوص عليه في التصميم بالإضافة إلى حمل مكافئ لجميع الأحمال الميتة في صورتها النهائية (من أرضيات وقواطع.... الخ) وذلك على أربعة مراحل متساوية تقريباً مع مراعاة عدم حدوث أى صلعات أثناء التحميل ثم تأخذ القراءات سهم الانحناء وعروض الشروخ بعد ٢٤ ساعة من رفع حمل الاختبار .

ويجب وضع قوائم مثبته وبالمعد الكافي قبل البدء في الاختبار لتحمل الحمل بأكمله ويراعى وضعها بطريقة تسمح بترك فراغ تحت أعضاء المنشأ موضوع الاختبار يسمح بحدوث الانحناء المتوقع .

- يعتبر المنشأ قد استوفى شروط الأمان إذا تحقق ما يلي :  
أ) إذا كانت أكبر قيمة لسهم الانحناء  $S_{max}$  في العنصر المختبر أقل من أو تساوى

$$\text{معادلة رقم (١)} \quad S_{max} \leq I_p^2 / 2.5 \text{ cm}$$

حيث  $I_p$  = هو بحر العنصر المختبر مقاساً بالمتر ويكون البحر الأصغر في حالة البلاطات اللاكمرية أو البلاطات ذات الاتجاوين ، أما في حالة الكوابل فتؤخذ ضعف المسافة من وجه الركيزة حتى نهاية الكابولي .

ب) = سلك العنصر مقاساً بالبستيمتر .

ب) في حالة إذا ما زاد سهم الانحناء الأقصى  $S_{max}$  للعنصر عن ما هو وارد بالمعادلة (١) فيجب أن لا يقل الجزء



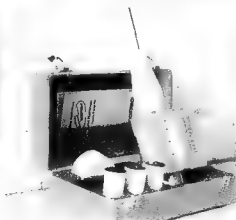
شروخ أفقية نتيجة أحمال زائدة

صدأ في الحديد تسبب في سقوط الغطاء الخرساني نتيجة وصول المياه للحديد



تساقط الخرسانة بسبب ضعف أجزاء المونة

تمتد في المباني نظراً لسوء تنفيذ الأعمال الصحية وسقوط الغطاء الخرساني وصدأ الحديد



مطرقة خيبت لمقياس جهد الخرسانة



طريقة استعمال مطرقة خيبت في وضع رأسى



## الباب الرابع

## سواد الإضافية وخرسانة الترويب ومواد الفصل

### الفصل الأول

#### مواد الإضافة

#### ١ - خواص وأنواع مواد الإضافة للخرسانة :

إن التقدم العمراني الجديد في مجال المملدات والطرق الحديثة كان له خط موازى آخر وهو خط التحسين في مزايا وخواص الخرسانة حتى تساعد هذه الأساليب الحديثة . ونتيجة لذلك قامت كثير من الشركات المتخصصة في إنتاج مواد وكميولويات البناء في إنتاج مواد الإضافة للخرسانة لكي تحل جميع مشاكل الخرسانة وتحسن من نوعيتها وتسرع بالإنتاج والكفاءة المطلوبة . فمثلاً في مجال الإضافات توجد مواد ملينة للخرسانة ، ومواد تؤخر الشك ، ومواد تجعل في الشك لكي تعطى أكبر جهد مطلوب .

#### أنواع مواد الإضافة وخصائصها

#### ١ - المواد الإضافة المساعدة على تقليل كمية الماء :

هى مواد تعمل على تقليل كمية ماء الخلط اللازمة لإنتاج خرسانة ذات قوام محدد . وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية ( A.S.T.M.C 494 )

#### ٢ - المواد الإضافة المؤخرة لزمان الشك :

هى مواد تعمل على تأخير زمن شك الخرسانة ، وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية ( A.S.T.M.C 494 )

#### ٣ - المواد الإضافة المسرعة لزمان الشك :

هى مواد تعمل على إسرار شك الخرسانة والتبكير في إنشاء مقاومتها ، وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية ( A.S.T.M.C 494 )

#### ٤ - المواد الإضافة المقللة للماء والمؤخرة لزمان الشك :

هى مواد تعمل على تقليل كمية ماء الخلط اللازمة لإنتاج خرسانة ذات قوام محدد وتعمل كذلك على تأخير زمن شك الخرسانة ، وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية ( A.S.T.M.C 494 )

#### ٥ - المواد الإضافة المقللة للماء والمسرعة لزمان الشك :

هى مواد تعمل على تقليل كمية ماء الخلط اللازمة لإنتاج خرسانة ذات قوام محدد وتعمل كذلك على إسرار شك الخرسانة والتبكير في إنشاء مقاومتها ، وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية ( A.S.T.M.C 494 ) .

#### ٦ - المواد الإضافة الحابسة للهواء :

هى مواد تضاف إلى الخلطة الخرسانية قبل أو أثناء عملية خلطها تعمل على حبس الهواء داخلها ، وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية ( A.S.T.M.C 260 ) .

#### ٧ - مواد إضافية أخرى :

يتوجب اختيار جميع أنواع المواد الإضافية الأخرى سواء المذكورة أو غير المذكورة طبقاً لمتطلبات الجهة المشرفة ، ومنها على سبيل المثال :

- البوزولانا .
- مشكلات الفانز .
- عامل مساعد على منع الرطوبة .
- عامل مساعد على منع تسرب المياه .
- عوامل مساعدة على ضغط الخرسانة .
- ملدنات قوية .
- عوامل مساعدة على التماسك .
- عوامل مساعدة على الترويب .

#### التوريد والتخزين

#### أولاً - التوريد :

#### ١ - النقل :

تقل المواد الإضافية داخل أكياس أو حاويات مناسبة للفرض .

#### ٢ - الصبغة والعلامة :

يتوجب بيان اسم المادة الإضافية ونوعها حسب ما هو محدد في هذه المواصفات وكذلك الوزن أو الحجم الصافي داخل الأكياس أو في الحاويات عند شحنها أو توزيعها إلى الموقع .

## ثانياً : التخزين :

١ - علم :

تخزن الإرساليات المختلفة من المواد الإضافة داخل مخازن خاصة لحمايتها من الرطوبة وأشعة الشمس والحرائق والتجمد وتخزن بطريقة يسهل معها الوصول إليها لأغراض القيام بأعمال التفشيش أو التعرف على الإرساليات المختلفة .

وتكون جميع الإرساليات الموردة إلى الموقع مصحوبة بشهادة تبين اسم الصانع والاسم التجاري والنوع وتاريخ الصنع بالإضافة إلى شهادة المطابقة للمواصفات ذات الصلة .

## ٢ - المواد الإضافة السائلة :

تخزن داخل خزانات أو أسطوانات عازلة للماء ومحمية ضد التجمد .

## ٣ - المواد الإضافة على شكل مساحيق :

يعتبر من الأفضل تحويلها إلى سوائل ويتم حلها داخل خزانات أو أسطوانات خاصة للمزج أو الخلط .

فيما عدا ذلك تخزن المساحيق بنفس طريقة تخزين المواد الأسمتية .

هذا ويمكن الرجوع إلى تقرير جمعية معهد الخرسانة الأمريكي رقم (٢١٢) للحصول على المعلومات المفصلة لعملية التوريد والتخزين ، دليل استعمال المواد الإضافة في الخرسانة .

## ضبط الجودة

## أولاً - المواصفات القياسية :

تجرى اختبارات ضبط جودة المواد الإضافة الرئيسية والمبينة في المواصفات الأمريكية (A.S.T.M.C 494) (A.S.T.M.C 260) على التوالي . ويتم اختبارها جميعاً حسب توصيات الصانع أو أية توصيات مقبولة .

## ثانياً - الاختبارات المطلوبة :

## ١ - اختبارات القبول :

يكفي بشهادة الصانع إذا كانت المواد الإضافة المستعملة من نفس النوع ومن إنتاج الصانع وفيما عدا ذلك يتم إجراء اختبارات القبول باستخدام الخلطات التجريبية ليبان تأثير المواد الإضافة المستعملة على الخواص التالية للخرسانة :

— كمية الماء .

— القوام .

— محتوى الهواء .

— زمن الشك .

— مقاومة الضغط .

— مقاومة الانحناء ( إذا طلبت ) .

— تغير الطول .

— معامل التمعير ( إذا كان له علاقة ) .

— التزف ( فقط في حالة استخدام مواد إضافية حاسبة للهواء ) .

— تأثير الجرعات الأقل والأكثر .

## ٢ - الاختبارات الدورية :

تجرى الاختبارات الدورية غير ضرورية في الحالات الاعتيادية ، هذا ويمكن إجراء الاختبارات الدورية حسب طلب الجهة المشرفة للتأكد من صلاحية المواد الإضافة بسبب عمرها أو تخزينها بطريقة غير صحيحة . وتجري هذه الاختبارات فقط على المواد الإضافة التي سبق اختبارها لأغراض القبول .

وهناك أنواع كثيرة من مواد الإضافة استعملت في مصر وثبتت صلاحيتها ، وهي من إنتاج شركة هوكست وشركة سيكا وعدة شركات أخرى تختلف فيها الأسماء التجارية ولكنها تتفق في المواصفات القياسية الأمريكية التي نسبت إليها . وسنشرح مختصراً لبعض المواصفات القياسية الأمريكية لهذه الأغراض وهي كالآتي :

American society for testing and material ( A.S.T.M)

مختصر للمواصفات الأمريكية 494 (A.S.T.M.- C

Type-A) خلطة الخرسانة :

هذا النوع يستخدم لتقليل نسبة الماء ..

## الاستخدام :

ملدن للخرسانة ويمكن استخدامه بنطاق واسع من الجرعات أي يمكن استخدام كميات متفاوتة منه .

ويستخدم إذا كان المراد :

١ - نوعية جيدة من الخرسانة .

٢ - تحسين قابلية التشغيل ( Workability ) .

٣ - سطح خرساني من نوع ممتاز .

٤ - الاستخدام في الأماكن الصعبة .

٥ - خرسانة عالية التماسك .

يستعمل هذا النوع في المباني المدنية الإنشائية ، والمباني سابقة

التجهيز ، والمباني الصناعية .

## الصفات الرئيسية والمميزات لهذا النوع :

١ - أساسه مادة (Lignosulphonate) المطورة .

٢ - غير سام ، وغير قابل للاشتعال ، ولا يحتوي على أي

نسبة من الكلوريدات ولا يؤثر في المعادن المستخدمة في الصلب

وأجزائها .

الدرجة المركزة (Concentrated heat of hydration) .

### الخواص والمزايا الرئيسية :

- الشكل واللون : سائل بني .
- الكثافة : ١,١ كجم / لتر .
- خالٍ من الكلوريدات : ولا يؤثر في الأجهزة والمعدات وغير قابل للاشتعال .

### التأثيرات على الخرسانة :

يجب أن تكون المادة الناتجة من هذه المواصفات لها التأثير للملدن لمياه الخلط لتحقيق الآتي :

- تحسين قابلية التشغيل بدون زيادة في الماء .
- أو تقليل المياه بحيث لا تؤثر على قابلية التشغيل .
- أو توفر أسمنت بحيث لا يؤثر على قابلية التشغيل أو فقد في إجهادات الخرسانة .
- إطالة وقت شك الخرسانة في درجات حرارة عالية وفي نفس الوقت زيادة معدل التقليب قبل الشك ولا تدخل كمية متزايدة من الهواء ولا حتى في إجمالي الجرعة الزائدة .
- معدلات الجرعة ما بين ٢٪ إلى ٥٪ من وزن الأسمنت أو ٠,٩٪ إلى ٢,٣٪ لتر / ٥٠ كجم أسمنت ويعطى سمحاً أكثر من ٥٪ عند الاختيارات التمهيدية الضرورية .

الجرعة المطلوبة لتحقيق تأخر زمن معين يعتمد على جودة الأسمنت ونسبة (W/C) ودرجة الحرارة وتأخير الشك في درجات الحرارة العالية أيضاً .

- يجب اتباع القواعد العامة لصب الخرسانة الجيدة وبصورة خاصة يجب استخدام نوع كثيف من الشدات الحشبية بحيث لا يمتص المادة المضافة ويجب التأكد من معالجة رطوبة كافية (Curing) .

أما عن التغليف أو التخزين يجب اتباع تعليمات الجهة المنتجة التي تصلح للمواصفات عالية .

### تخصر للمواصفات الأمريكية (A.S.T.M C - 494 - Type (A + D) خلط الخرسانة :

هذا النوع يستخدم لتقليل نسبة الماء وتأخير زمن الشك عند الخلط .

هذه المواصفات عندما يكون مطلوب ملدن للخرسانة ومؤخر لزمن الشك في حالة طلب خرسانة عالية الجودة وفي ظروف صعبة مثل :

- ارتفاع درجة الحرارة .
- خرسانة ذات وجه أملس .
- خرسانة جاهزة الخلط .

٣ - سائل بني كثافته النوعية من ١,١١ إلى ١,٢ كجم/لتر .

٤ - يحسن قابلية التشغيل مع تقليل نسبة الماء .

٥ - يحسن الجهد للخرسانة عند التشغيل الجيد مع تقليل نسبة الماء .

٦ - يعطى وقت جفاف عادي عند استخدام الجرعة المحددة .

٧ - يقلل من الانكماش أو ال (Creep) التشققات الشعرية .

### التطبيق :

#### الجرعة :

تستخدم هذه المادة بنسبة من ٣٪ إلى ٥٪ من وزن الأسمنت وحوالى ١٢، إلى ٢١، لتر كل ٥٠ كجم أسمنت علماً بأن التأثير العادي يأتي باستخدام ٣٪، ويمكن التحسين بزيادة الجرعة وذلك بسهولة استخدام الخرسانة .

#### الخلط :

تضاف المادة من هذا النوع إلى كمية الماء المحسوة وتقلب ، ثم تضاف إلى خلطة الخرسانة الجافة .

ملاحظات : استخدام جرعة زيادة من هذه المادة يسبب زيادة زمن الشك الابتدائي .

أما عن التخزين والتغليف يرجع إلى الشركة الصانعة لهذه المادة وينصح بأن تخزن في درجة حرارة ٥٠° .

### تخصر المواصفات الأمريكية (A.S.T.M C 494 Type B + D) خلطة الخرسانة :

هذا النوع يستخدم في تأخير زمن الشك وتقليل نسبة الماء ..

#### الاستخدام :

١ - عامل ملدن للخرسانة عالية الجودة لتحسين قابلية التشغيل وخصوصاً عند مواجهة ظروف صعبة عند وضع الخرسانة أو في الأعضاء الضيقة للخرسانة أو الخرسانة التي نسبة تسليحها عالى وللحصول على خرسانة كثيفة .

٢ - تقليل نسبة الماء لتحصل على إجهاد عالى للخرسانة ولتقليل الانكماش والانزلاق في (Prestressed Concrete) .

٣ - عامل مؤخر للاحتفاظ بقابلية التشغيل لتمد الوقت بين زمن الخلط وزمن الصب في الجو الحار لتكون جاهزة للصب بواسطة (Pump - concrete) في تشكيل (Slip form) والمباني القشرية .

٤ - عامل مؤخر وموفر للأسمنت في الصبات للخرسانة الضخمة (الكتل) لتقليل خطر التشقق الحرارى بسبب حرارة

وكمامل أساسى فهذه المادة تقلل المياه حيث يكون مطلوب عملها مزدوجاً للإجهادات المبكرة والنهائية للخرسانية مثل :  
— إنشاءات خرسانية سابقة الإجهاد :

( Prestressed- Concrete ) :

— عناصر خرسانية متتجة في مصانع سابقة الصب حيث تكون في حاجة إلى سرعة التصلب في القالب ومطلوب تحميل هذه الأجزاء بسرعة .  
— الكبارى والأبراج .

### المزايا والخصائص الرئيسية :

هذه المادة لها الخصائص التالية :  
— تحسن جوهرى في قابلية التشغيل بدون مياه زائدة .  
— شك عادى بدون تأخير .  
— تصلب سريع بعد الشك .  
— زيادة كبيرة للإجهادات الأولى والنهائية .  
— مناسب بصورة خاصة لرش الماء للتندبة ( Curing ) في درجات الحرارة المرتفعة .  
— إنهاء سطح محسن .  
— مقلل للانكماش والشروخ الشعرية .  
— يجب أن تكون خالية من الكلوريدات لكى لا مهاجم حديد التسليح .

### التطبيق :

#### الجرعة :

ما بين ٠,٦ ٪ ، ٢,٥ ٪ من وزن الأمنت ، ونصح بتنفيذ خلطات تجربة لإيجاد معدل الجرعة المطلوب ، ويستحسن إضافته للماء قبل إضافته للخلط الجاف مع ملاحظات القواعد العامة والمعروفة لصب الخرسانة الصحيح ذات الأهمية .  
وينتج عن الزيادة العنوية للجرعة إطالة وقت الشك الابتدائى ، ومع ذلك لن تدخل كمية زائدة من الهواء الإضافى ويجب أن تكون هذه المادة ملائمة للأمنت البورتلاندى ويستحسن أن تكون من ( Polymer type Dispersion ) .  
أما عن التغليف والتخزين فراجع للشركة المنتجة .

مختصر للمواصفات الأمريكية (A.S.T.M C-494 Type G) لخلط الخرسانة :

هذا النوع مقلل للمياه بنسبة عالية مع تأخير زمن الشك ..  
الاستخدام :

كمملدن متفوق كثير الأثر مع تأثير في تأخير الشك لإنتاج خرسانة حرة التدفق في المناخ الحار وأيضاً عامل تقليل المياه جوهرى لزيادة الجهد في زمن أقل .

— ظروف صب صعبة .  
— مسافات نقل أطول .

### الخصائص والمزايا الرئيسية لهذه المادة :

— تحكم دائم في انخفاض الـ ( Slump ) مع درجة حرارة عالية للخرسانة .  
— زيادة زمن الشك في الطقس الحار .  
— تصلب سريع بعد الشك .  
— مياه أقل بدون فقد قابلية التشغيل .  
— زيادة جهد الخرسانة .  
— تقليل الانكماش والشروخ الغير مرئية .  
— عدم وجود كلوريد بحيث لا ياتأثر تسليح الخرسانة .

### التطبيق :

#### الجرعة :

يجب أن تكون الجرعة من هذه المادة من ٠,٢ ٪ ، ٠,٨ ٪ من وزن الأمنت ، ونصح بعمل عدة تجارب على عدة خلطات لإيجاد معدل الجرعة الصحيحة .

### ملاحظات :

يجب أن يراعى الملاحظة الدقيقة للقواعد العامة والمعروفة لصب الخرسانة الصحيح ذات الأهمية ، ويجب أن يستعمل الأمنت البورتلاندى .

وعندما تحدث زيادة عنوية للجرعة ويزيد تأثير الشك لهذه المادة بحيث لا تسمح بدخول الهواء ، وهذا النوع ( Modified Lignosulphonate ) بنى اللون كثافته حوالى ١,٠٩ كجم / لتر . أما عن التخزين والتغليف فينصح بتنفيذ تعليمات الشركة المنتجة .

مختصر للمواصفات الأمريكية (A.S.T.M C-494 Type F) لخلط الخرسانة :

هذا النوع يستخدم لتقليل المياه بمعدل على ..  
الاستخدام :

يستخدم هذا النوع كمامل مقلل للمياه على التأثير وكمملدن متفوق لإنتاج خرسانة ذات جودة عالية في الطقس الحار .  
عمل هذه المادة مزدوج يزيد التصلب السريع للإجهادات المبكرة والنهائية وكادة ملدنة تساعد على تدفق الخرسانة في :

— البلاطات والأساسات .  
— الحوائط والأعمدة .  
— الإنشاءات الأسطوانية الرقيقة ذات التسليح العالى للمموك بكثافة عالية .  
— الأعتاب والأسقف .



## المزايا والخصائص الرئيسية :

- ٢ - وضع كميات كبيرة من الخرسانة المتجانسة .
- ٣ - الوصلات باردة نتيجة التوقف أثناء الليل أو التوقف مرات متكررة لتعقيدات في الشدة الخرسانية .
- ٤ - يكون المطلوب تفادي الشروخ نتيجة نقل أو تغيير في الشدة .
- ٥ - سرعة التصلد بعد الشك وكذلك إجهادات عالية للخرسانة .
- ٦ - حدوث اهتزازات بعد الصب للشدة لأي ظرف من الظروف

## الصفات الرئيسية والمميزات :

- أساسه مادة الفوسفات المطورة Modified Phosphats
- وغير قابل للاشتعال ولا يحتوي على أى نسبة من الكلوريد ولا يؤثر في الأجهزة المستخدمة .
- سائل أصفر فاتح ذو كثافة نوعية ١,١٥ كجم / لتر وهو يعطى بعض الصفات مثل :
- ١ - يلدن الخرسانة الحديثة .
- ٢ - يؤخر الشك تيمناً للجرعة المستخدمة .
- ٣ - يجعل من عملية التصلد فور بدأ الشك .
- ٤ - لا يسمح بدخول هواء للخرسانة .
- ٥ - زيادة الإجهادات للخرسانة بدون تغير في قابلية التشغيل .
- ٦ - يزيد التصاق الخرسانة إلى الحديد المسلح ويقلل من الشروخ الشعرية .

## التطبيق :

- الجرعة تتراوح من ٣٪ إلى ٣٪ من نسبة وزن الأسمنت أو ١,١٣٪ إلى ١,٣٪ لتر / ٥٠ كجم أسمنت .
- الجرعة الصحيحة تحدد التأخير المطلوب والذي يمكن أن تتغير بتغير درجات الحرارة ونوعية الأسمنت ونسبة الأسمنت إلى الماء ، لذلك يجب عمل تجارب أولية حسب الحالة المحيطة بالعمل .

## المخلط :

- إما أن يضاف مع الماء ويقرب منفرداً أو يوضع مع الماء مباشرة في الخلاط .

- يفضل استخدام شدات غير ماصة وغير منفذة للماء وإذا استخدمت الشدات العادية فيجب الرش لعدة أيام أو يمكن المعالجة باستخدام دهان مناسب للشدات حسب نوع الشدة .

- ملحوظة : يجب عدم استخدام هذه المادة مع مضادات التجمد ويرجع إلى مواصفات الشركة المنتجة من ناحية التخزين والتغليف ودرجات الحرارة المطلوبة للتخزين .

كملاذ : تحسن جوهري في قابلية التشغيل بدون مياه زائدة أو خطورة الفصل وتحكم دائم في فقدان الـ ( Slump ) وعدم وجود أثر عكسي على الجهد النهائي .

• كمكمل للمياه : زيادة كبيرة في الإجهادات في الأيام الأولى تصل إلى أعلى جهد في الأيام الأخيرة ، أى الجهد الذى تصل إليه الخرسانة في سبعة أيام تساوى الجهد في ٢٨ يوماً بإضافة هذه المادة .

— تقليل المياه حتى ٢٠٪ .

— مناسبة للطقس الحار بصورة خاصة .

— لا تحدث هواء زائد ( فقاعية شعرية ) .

— لا تأثير انكماش مضاد .

— إنهاء سطح أفضل .

— زيادة في ( Water tightness ) .

## التطبيق :

## الجرعة :

يستحسن أن تكون الجرعة ٠,٨٪ - ٢,٥٪ نسبة المواد المضافة إلى الأسمنت والأحسن أن تحدد معدلات الجرعة الصحيحة على مكونات الخلطة ونوعية الأسمنت والزلط والرمل ونسبة المياه ( W/C ) ودرجة الحرارة ، لذلك ننصح بعمل خلطات للتجارب وتكون ملائمة للأسمنت البورتلاندى .

## توزيع المادة :

تضاف هذه المادة بصورة منفصلة إلى خرسانة حديثة الخلط أو مباشرة إلى ماء الخلط قبل إضافته إلى حبيبات الزلط والرمل وعند إضافتها منفصلة إلى خرسانة حديثة الخلط يجب أن يحدد خلط أكثر لمدة دقيقة على الأقل لكل متر مكعب أكبر من الزمن المعتاد .

## التخزين :

نوع التخزين والتغليف يرجع إلى اشتراطات كل شركة حسب إنتاجها للمادة .

مختصر للمواصفات الأمريكية ( A.S.T.M C-494 Type B )  
لخلط الخرسانة :

هذا النوع مادة مؤخره للشك مع وجود مادة ملدنة متوسطة التأثير ..

## الاستخدام :

تستخدم للنوعيات عالية الجودة من الخرسانة حيث :

- ١ - التحكم في إطالة زمن العمل .

## الفصل الثاني

### أعمال الترميم

#### أولاً : الخرسانة الخاصة بأعمال الترميم :

المقصود بالخرسانة الخاصة هو إنتاج خرسانة ذات خواص معينة تناسب متطلبات أعمال الترميم والتقوية وتتميز هذه الخرسانة بالخواص التالية :

- ١ ) مقاومة عالية للانضغاط .
- ٢ ) مقاومة نسبة قليلة من الانكماش .
- ٣ ) قابلية عالية للتشغيل بدون زيادة كميات المياه المستعملة في الخلط .

وتنتج هذه الخرسانة عادة باتباع الخطوات التالية .

- ١ ) استعمال نسبة عالية من الأسمنت تصل إلى ٥٠٠ كجم / م<sup>٣</sup> .

٢ ) الاهتمام بباقي العناصر اللازمة لإنتاج خرسانة جيدة مثل استعمال ركام نظيف متدرج ونسبة مياه منخفضة والخلط والدلك الميكانيكي والمعالجة الكافية بعد الصب .

٣ ) استعمال إضافات خرسانية concrete admixture بكميات ونوعيات مناسبة ويصلح لهذا النوع المواد التي تعمل على تقليل كمية الماء للخلطة اللازمة لإنتاج الخرسانة ذات قوام محدد وتكون مطابقة للمواصفات الأمريكية A.S.T.M-C-494 Type A والتي تعطى مميزات كما سبق ذكره وكما وصفت هذه المادة للاستعمال وتستخدم هذه المادة بنسبة من ٠,٢٪ إلى ٠,٥٪ من وزن الأسمنت وحوالي من ١٢ إلى ٢١ لتر لكل ٥٠ كجم أسمنت ( يرجع إلى مواصفة أى مادة يباب مواد الإضافة عن أى مواصفة سندكرها فيما بعد ) هذا بالإضافة إذا لزم

تأخير زمن الشك وتوفير كمية الأسمنت ورفع قوة تماسك مكونات الخرسانة ورفع مقاومتها للكيماويات وتستخدم المواد التي تعتمد على مادة ليجنو سلفونات والتي تختلف في نوع الكاتيون ودرجة السلفنة ومتوسط حجم الجزيئات .

ثانياً : الخرسانة البوليمرية الأسمنتية :

تتكون الخرسانة البوليمرية الأسمنتية من مكونات الخرسانة العادية بالإضافة إلى مستحلبات المواد البوليمرية .

ويعتبر الراتنج المضاف إلى ماء الخلط لتحسين خواص محددة للخلطة الخرسانية في حالتها الطازجة والمتصلدة والراتنج المضاف يتكون من عبتين أحدهما يحوى على المونومور والآخر المصلد اللازم للتفاعل الكيميائي وهذا بخلاف الإيوكسى وتتميز هذه الخرسانة بالخواص التالية :

١ ) مقاومة عالية للانضغاط .

٢ ) مقاومة عالية للتشغيل بدون زيادة مياه الخلط .

٣ ) قابلية عالية للتشغيل بدون زيادة مياه الخلط .

٤ ) مقاومة عالية للتشغيل بدون زيادة مياه الخلط .

٥ ) قابلية عالية للتشغيل بدون زيادة مياه الخلط .

٦ ) قابلية عالية للتشغيل بدون زيادة مياه الخلط .

٣ ) درجة مرونة عالية Elasticity لتفادى الشروخ الناتجة عن الانكماش .

٤ ) قابلية عالية للاتصاق مع الخرسانات القديمة .

٥ ) مقاومة عالية للمياه والمواد الكيماوية .

ومن الجدير بالذكر أن العلماء الروس توصلوا إلى خرسانة أسمنتية بوليمرية عالية الجودة بإدماج فورفيل furfryl alcohol وهيدركلوريد الإثيلين وهذه الخرسانة لها خاصية مقاومة عالية للصدا ومعدومة الانكماش وذات مسامية منخفضة وقد

استخدم العلماء الأمريكيان راتنج الإيوكسى كإضافة للخرسانة ومن المونومرات الشائعة الاستعمال كإضافة للخرسانة هي فينيل الأسيتات vinyl acetates ، فينيل البروينات Acatate of vinyl melete ، الأكريلات Acrylates ، الإيوكسيات Epoxy ، مستحلبات البيتومين Bitumin emulsion ، المطاط Rubber .

ثالثاً : الخرسانة البوليمرية :

تتكون الخرسانة البوليمرية من المواد التالية :

١ ) المواد البوليمرية السائلة مثل مواد الإيوكسى epoxy resin والبولي إيستر polyester resin ، فينول فورمالدهايد ، وفورال أسيتون .

٢ ) المواد المائلة من الركام الطبيعي المدرج .

٣ ) المواد الناعمة مثل الأسمنت أو الكوارتز الناعم علماً بأن الأسمنت مادة مائلة فقط وليس لتحسين الإجهاد ، وتورد المواد البوليمرية على هيئة مركبين سائلين . ويتم إنتاج هذه الخرسانة بخلط مركبي المواد البوليمرية جيداً ثم خلط المواد المائلة مع المواد الناعمة ثم خلطها مع مركبي المواد البوليمرية ويجب استعمال معدات ميكانيكية لخلط الخرسانة البوليمرية ولمدة لا تقل عن خمسة دقائق .

وتختلف نسب خلط مكونات الخرسانة البوليمرية طبقاً للخواص المطلوبة وذلك في حدود النسب التالية :

١ ) المواد الناعمة حوالى ١٠٪ إلى ٣٠٪ من المواد المائلة .

٢ ) نسبة المواد البوليمرية إلى المواد الصلبة من ٣:١ إلى ٨:١ وتتميز هذه الخرسانة بالخواص التالية :

١ ) مقاومة عالية للانضغاط تصل إلى ١٠٠٠ كجم / سم<sup>٢</sup> .

٢ ) مقاومة عالية الشد تصل إلى ٢٠٠ كجم / سم<sup>٢</sup> .

٣ ) مقاومة عالية للانحناء تصل إلى ٤٠٠ كجم / سم<sup>٢</sup> .

٤ ) معامل مرونة منخفض .

٥ ) نسبة فراغات قليلة تصل إلى ٢٪ بالحجم .

٦ ) قوة التصاق عالية تزيد عن مقاومة الشد للخرسانة العادية .

٧ ) معامل انكماش منخفض .

## ( ٨ ) قوة ذاتية للسيولة .

ومن الصوب الرئيسية للمونة البولمية صعوبة تشيغها ، حيث تحتاج إلى عمالة فنية متخصصة وكذا ارتفاع أسعار المواد البولمية ومن صفات هذه الخرسانة أنها أقل جودة من الخرسانة الأسمتية المغلفة بالبولمرات وتستعمل هذه الخرسانة في عمل طبقة حماية لأسطح الكبارى والمصانع والخرسانة المسلحة سابقة الإجهاد وإصلاح الأرضيات الخرسانية التى حدث بها شروخ نتيجة الانكماش والحرارة أو الاهتزازات ولصق الخرسانة الحديثة والقديمة أو الوحدات سابقة الصب وكذلك تماسك الخرسانة مع المعادن كطريقة للتصلب الخارجى أو تكون قطاعات خرسانية مسلحة ذات محمولة جيدة وامتصاص الصدمات .

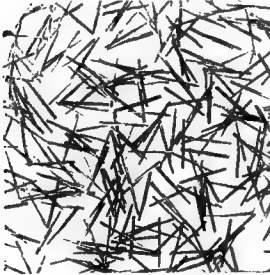
وتتكون خرسانة الألياف من المواد التالية :  
( ١ ) مكونات الخرسانة العادية مع نسب عالية من الأسمت ٣٨٠ كجم وكمية المياه ٧١ لتر/م<sup>٣</sup> .  
( ٢ ) ألياف الصلب أو ألياف الفير جلاس من ٢ إلى ٦٪ من وزن الخرسانة .  
( ٣ ) إضافات زيادة السيولة فائقة الجودة super plasticizer بنسبة ٣٪ إلى ٥٪ من وزن الأسمت أو من ١٢٪ إلى ٢١٪ لتر لكل ٥٠ كجم أسمت من المادة التى تخضع إلى الموصاف الأمريكية A.S.T.M-C-494 Type A .

## رابعاً : الخرسانة البولمية والمشبعة ( المغلفة ) كلياً :

لتعريف مواد البلمرة هي مواد تمتاز بأنها مواد ذات وزن جزيئى مرتفع تبلغ مئات الألوف ويطلق على الجزيء الواحد منها اسم المونومر (monomer) أما كلمة بولمر (polymer) فتعنى متعدد الجزيئات ويتج باتصال المونومرات مع بعضها على هيئة سلسلة طويلة أو ذات تفرعات ويتم الاتصال فى الأبعاد الفراغية cross linking وإذا حدث اتحاد بين الجزيئات ينتج البولمر من اشترك مونومرات مختلفة لإكساب البولمر الناتج صفات معينة فيسمى البولمر المشترك copolymer أما إذا نتج اتحاد الجزيئات من نفس النوع سمي البولمر الناتج بالبولمر المشابه homopolymer ومن الأنواع الشائعة هذه الراتنجيات هي راتنج الأكريليك acrylics وراتنج بولى إستر polyester وراتنج فينيل أسيتات وراتنج فينيل كلوريد .

ولتعريف الخرسانة المغلفة كلياً فهذا النوع يستخدم لمقاومة درجات الحرارة العالية حتى ١٤٣ ° مع التعرض إلى الماء المالح أو المقطر وهذه الخرسانة المشبعة أو المغلفة بالبوليمرات هي خرسانة أسمتية متصلة سابقة الصب ثم يتم غلقها بواسطة المونومرات ذات لزوجة منخفضة ثم يتم البلمرة لهذه المونومرات بعد ذلك وهى داخل الخرسانة وتنشيط عملية البلمرة للمونومرات إما بالإشعاع radiation أو بالحرارة بطريقة thermal catalytic method والمونومرات التى تستخدم هي الميثيل ميثا كريلات M.M.A methyl methacrylate ، الكلورستيرين chlorostyrene والاكربونيترييل acrylonitrile وأغلب الأبحاث تمت باستخدام الميثيل ميثاكريلات (M M A) ومركب البولى إستر والإستيرين ، وهناك تركيبتان من المونومرات تستعمل على نطاق واسع إحداها تركيبة من الميثيل ميثاكريلات وثلاثى ميثيل أوليفين ، وثلاثى ميثيل الأكريلات بنسبة ( ٧٠ - ٣٠ ٪ )

## الخرسانة المسلحة بالألياف

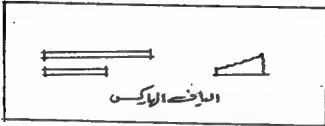


وتتميز هذه النوعية من الخرسانة بالخواص التالية :

- ( ١ ) زيادة مقاومة الانحناء بنسبة تصل إلى ٨٠٪ .
  - ( ٢ ) زيادة مقاومة الشد بنسبة تصل إلى ١٠٠٪ .
  - ( ٣ ) زيادة المقاومة المبكرة بنسبة تصل إلى ٥٠٪ .
  - ( ٤ ) زيادة المقاومة للصدمات بنسبة تصل إلى ٢٠٠٠٪ .
  - ( ٥ ) تقليل مقدار الانبعاج للكراتر .
  - ( ٦ ) تقليل الشروخ الناتجة عن الانكماش .
- وتستعمل خرسانة الألياف فى الأغراض التالية :
- ( ١ ) ملء الشروخ و الوحدات الخرسانية .
  - ( ٢ ) إعادة ترميم الطرق وممرات الطائرات وأرضيات المصانع .

## ٤ ( ألياف الهاراكس :

تنتج هذه الألياف في ألمانيا بأطوال مختلفة وذى مقطع على هيئة مثلث وضلعين بسطح خشن والآخر ناعم ومقاومة الشد ٧٠٠ نيوتن / م<sup>٢</sup> وتصنع بطريقة خاصة تضمن عدم صدأ الحديد ويمكن خلطها مع معونات خلط الخرسانة ومن مميزات هذه الألياف مساحة سطح القطع العرضي يبلغ تقريباً ضعف مساحة القطع العرضي للألياف المستديرة مع أنها تعطي زيادة مقاومة الخرسانة للإجهادات الخاصة بالإجهادات الميكانيكية وإجهادات الصدم .



## ٥ ( ألياف الفير جلاس Fiber glass :

وهي ألياف الزجاج والمعروفة بالـ (E-glass) والتي تقوم بدور التسليح في الخرسانة وتستخدم على هيئة خيوط مركبة من شعيرات مستمرة متوسط قطر الشعيرة الواحد حوالى ١٥ ميكرون ، وهذا النوع من الألياف الزجاج يحفظ كثيراً عن الصوف الزجاجي المستخدم في العزل الحرارى حيث إنه عبارة عن زجاج الومينا - يوزن وذو خواص عالية للمتانة والمرونة ومقاومة تأثير المواد الكيميائية والمقاومة العالية للقلويات مما يجعلها مناسبة للخلطات الأسمنتية والخلطات الجبسية ومكونات الخرسانة كالآتى :

- ١ ( من ٤:١٪ ألياف فير جلاس ١٢ م .
  - ٢ ( إضافات لزيادة الإجهاد والسيولة من ٣ إلى ٥ ٪ .
- وتعطي الخرسانة مقاومة للضغط من ٥٠٠ كجم/سم<sup>٢</sup> إلى ١٠٠٠ كجم/سم<sup>٢</sup> .

## تأثير إضافة الألياف المختلفة على الخرسانة :

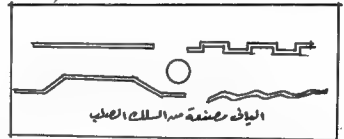
أولاً : تأثير إضافة الألياف على قوة الشد الفير مباشرة :  
أجرى اختبار على قطاع من ككرة ١٥×١٥×١٥ سم وعلى نسب مختلفة من الألياف وتم لها كسر بعد ٢٨ يوماً يلاحظ أن قوة الشد الفير مباشر تزداد إلى حوالى ١٥٪ ، ٣٥٪ ، ٧٥٪ وذلك بالنسبة للخلطات التى فيها نسبة الألياف ٥٠ كجم / م<sup>٣</sup> ، ١٠٠ كجم / م<sup>٣</sup> ، ١٥٠ كجم / م<sup>٣</sup> على التوالى .

## ٣ ( الطبقات الحرسانية المرصنة للبرى .

- ٤ ( قصبان الأعمدة الحرسانية .
  - ٥ ( تغليف الأعمدة الحديدية بغرض وقايتها من العوامل الخارجية .
  - ٦ ( الأساسات المرصنة للاهتزازات وللأحمال المتحركة .
  - ٧ ( الأبنية والمنشآت الحجرية .
- وتختلف نسبة الألياف المستعملة طبقاً لنوعية الألياف المستعملة والخواص المطلوبة ، وتتراوح نسبة الألياف بين ١٪ إلى ٦٪ من وزن الخرسانة .
- أما عن أنواع الألياف فنلخص في التالي :

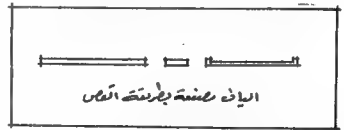
## ١ ( الألياف المصنعة من سلك الصلب :

وتصنع هذه الألياف بواسطة تقطيع سلك الصلب المستديرة ، ويعيوب هذا النوع وجود آثار من الشحومات والزيوت المتبقية أثناء عملية التصنيع مما يقلل تماسك هذه الألياف مع الخرسانة وتبلغ مقاومة الشد لهذا النوع من ٨٠٠ إلى ١٠٠٠ نيوتن/م<sup>٢</sup> .



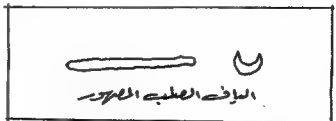
## ٢ ( الألياف المصنعة بطريقة القص :

وتنتج هذه الألياف بطريقة القص وتبلغ مقاومة الشد من ٥٠٠ إلى ١٠٠٠ نيوتن/م<sup>٢</sup> ولها نفس عيوب الألياف المصنعة من سلك الصلب .

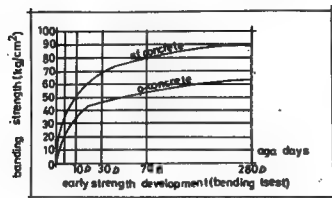


## ٣ ( ألياف الصلب المصهور :

تنتج هذه الألياف من الحديد المصهور بطريقة القوة الطاردة المركزية وتتوقف شدتها على نوع الحديد وتنتج على شكل هلال .



رابعاً : إمكانية زيادة القوى المبكرة المسلحة بالألياف :  
اختبر قطاع كمر ٧.٠×١٥×١٥ سم ١٢ ساعة، ١، ٣، ٧، ٢٨ يوماً على نسبة ٥٠ كجم/م<sup>٣</sup> وعلى نسبة حوالى ٢/٣ من مواد الإضافة A.S.T.M.C.494 قد يصل إلى النتائج التى بالرسم التالى .



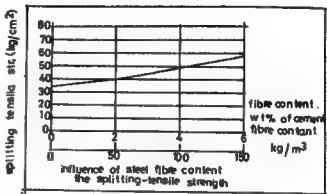
إمكانية زيادة القوى المبكرة بإضافة الألياف

سادساً : المونة الأمهتية ذاتية السيولة قليلة الانكماش :  
تتكون المونة الأمهتية ذاتية السيولة قليلة الانكماش من خليط من الأمهتات والكوارتز للدرج وإضافات كيميائية لزيادة قابلية التشغيل والسيولة وتخفيض نسبة المياه اللازمة وزيادة قوة تلاصق الخلطة مع جميع الأسطح واحتفاظها بنفس الحجم بعد الشك والتصلد .

إن العناية بالصعب والمعالجة تقلل مقدار الانكماش ومن المعروف أن زيادة نسبة الأمهتات في خلطة المونة تؤدي إلى تحسين خواصها الميكانيكية ولكن في الوقت نفسه تزيد من مقدار الانكماش وفي بعض أعمال الحقن تستخدم عجينة أمهتية ذات قوام عالي القابلية للتشغيل مما تضطر إلى إضافة ماء بنسبة عالية وبالتالي تقل مقاومة المونة بعد التصلد لأنه من البدييات أنه كلما زادت إضافة المياه تسهيل الـ workability ولكنه تقل المقاومة للمونة إلى الضعف وكثرة الماء بعد التصلد تكون فراغات كبيرة وكذلك زيادة عالية في انكماش الجفاف ولذلك يجب استخدام إضافات للأمهتات للتقليل من الماء وبالتالي تقلل الانكماش ومن هذه المواد مادة الرست بليرون وأنواع معينة من الكربون وبودرة الألومنيوم وهذه المواد تضاف بنسبة ١٠٪ تقريباً من وزن الأمهتات أما عن الماء المضاف فيكون من ٨٪ إلى ١٢٪ من وزن المونة .

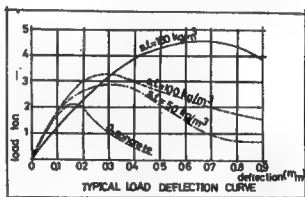
تتميز المونة الأمهتية ذاتية السيولة بالخواص التالية :

- ( ١ ) قوة مبكرة عالية .
- ( ٢ ) مقاومة انضغاط نهائية تصل إلى ٥٥٠ كجم/سم ٢ بعد ٢٨ يوماً .



تأثير إضافة الألياف على مقاومة الشد الانضغاطية

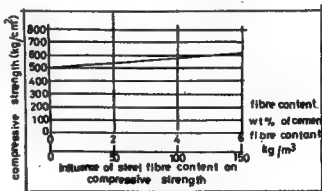
ثانياً : تأثير إضافة الألياف على مقدار انبعاج الكمرات :  
أجرى الاختبار على نفس القطاع السابق وتم قياس الانبعاج حسب الخلطات التى بالرسم التالى حيث تبين أن انخفاض مقدار الانبعاج وزيادة المرونة وزيادة الحمل الأقصى للكمرة يتناسب تناسباً طردياً مع زيادة نسب الألياف .



تأثير إضافة الألياف على مقاومة الانحناء

ثالثاً : تأثير الألياف على مقاومة الانضغاط :

أجرى الاختبار على مكعبات بأبعاد ١٥×١٥×٨٥ سم وأجرى الاختبار بعد ٢٨ يوماً وجد أن إضافة الألياف بحوالى ٦٪، ١٢٪، ٢٠٪ للخلطات المستعمل فيها نسبة الألياف ١٠٠، ١٥٠ كجم على التوالي .



تأثير إضافة الألياف على مقاومة الضغط

أكريلاك بدلاً من بولي فينيل أسيتات وتطلى قوة لصق أعلى ومقاومة للماء مع باقى الإضافات السابقة وهذه المادة اللاصقة للصق الخرسانة القديمة والجديدة والحديدية فى مستوى أبقى وليس فى مستوى رأسى لأنها تتحمل الضغوط ولا تتحمل الشد وقد تختلف نسبة المواد الصلبة إلى المواد السائلة طبقاً لدرجة السيولة المطلوبة ويجب رش الروية على الأسطح بالمسطرين مثل الطرشة العادية بسمك لا يقل عن ٥ مم قبل صب المونة أو الخرسانة .

#### ثامناً : مونة الأسمتة والزلزل البوليمرية :

هناك عديد من الراتنجات التى أثبتت كفاءتها إذا أضيفت إلى المونة الأسمتية عن طريق ماء الخلط ومن هذه الراتنجات راتنج الإيبوكسى Epoxy وراتنج الأكريلات والأكريلات المطورة وراتنج الإستيرين بوتادين (S.E.R) sygrene butadiene ومن أكثر هذه الأنواع مقاومة عالية للرطوبة والرى هو ( S.E.R ) كما أن الإيبوكسى له صفات متميزة ، والتأتج من المواد السابقة مع خلطه إلى الماء كمستحلبات أو معلقات له القدرة على تحسين عاصية تماسك المونة حديثة الخلط مع الخرسانة القديمة المتصلدة ولابد من تجهيز السطح الخرسانى القديم بالنظافة الجيدة وإزالة الأتربة وإذا كان هناك انتفاخ أو تقشر السطح الخرسانى القديم يجب معالجة هذه الظواهر جيداً إما بنزع هذه الطبقات التالفة أو بأى طريقة قبل وضع هذه المونة .

٣ ) ذاتية السيولة مما يساعد على ملء الشروخ وحشو الفراغات .

٤ ) قليلة الانكماش مما يساعد على تقادى حدوث الشروخ .

٥ ) ذات قوة التصاق عالية مع جميع الأسطح .

٦ ) وتستعمل المونة الأسمتية ذاتية السيولة فى أعمال الترميم والتقوية خاصة أعمال ملء الشروخ وحشو الفراغات وقمصان الأعمدة والكمرات .

#### صابعاً : روية مستحلب الجيرال بوند :

وتستعمل هذه الروية خصوصاً قبل البياض بالسكان المجاهرة حيث إن سطح الخرسانة ناعم جداً حيث تصب هذه الخرسانة لإنتاج الحوائط والأسقف فى قوالب وعز هراً جيداً ولا تصلح هذه الروية فى زرع أشجار الحديد علماً بأن البولى فينيل الأسيت نوعان : أحدهما : يصلح للمواد البلاستيكية والدهانات الخارجية ، والثانى : يصلح لمواد اللصق وتصنيع الغراء ويم تصنع مادة الجيرال بوند الخاصة للمباني كالآتى :

١ ) مادة تصلح للبياض وما شابه ذلك وتتكون من : بولى فينيل أسيتات P.V.A مع إضافة مادة بولى فينيل الكحول مع مواد حافظة ومواد مانعة للرغوة .

٢ ) مادة تصلح للصق الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة قبل الصب لا يزيد عن ربع ساعة وتتكون هناك أشجار بالخرسانة القديمة مثبتة بالإيبوكسى ، وهذه المادة مكونة من ستيرين

والجدول التالى يبين مقارنة بين خواص مواد الترميم شائعة الاستعمال فى ج. م. ع والبلاد العربية

| المادة                      | مقاومة الضغط (كجم / سم <sup>٢</sup> ) |           |           |          |          |           | مقاومة الشد<br>كجم/سم <sup>٢</sup> | مقاومة الانحناء<br>كجم /سم <sup>٢</sup> | الانكماش<br>الطول<br>٪ | معاير المونة<br>كجم /سم <sup>٣</sup><br>١٠ × | معامل التمدد<br>الحرارى لكل<br>م <sup>١٠</sup> × م <sup>١٠</sup> |
|-----------------------------|---------------------------------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|------------------------------------|---|------------------------|--|--|
|                             | ١<br>ساعة                             | ٣<br>ساعة | ٦<br>ساعة | ١<br>يوم | ٧<br>يوم | ٢٨<br>يوم |                                    |   |                        |  |  |
| خرسانة                      | -                                     | -         | -         | ٧٠       | ٢٠٠      | ٢٥٠       | ٢٥                                 | ٧٠                                      | ٠.٠٥                   | ٢٨   | ١٠ × م <sup>١٠</sup>   |
| مونة أسمتية ذات<br>إسفلتات  | -                                     | -         | -         | ٣٠٠      | ٥٠٠      | ٧٠٠       | ٥٠                                 | ١٠٠                                     | ٠.٠٥                   | ٣٠   | ١٤   |
| إيبوكسى عد ٢٠م <sup>٣</sup> | -                                     | -         | ٥٥٠       | ٨٥٠      | ٩٥٠      | ١٠٠٠      | ١٦٠                                | ٣٠٠                                     | ٠.٠٨                   | ٥  | ٢٨   |
| إيبوكسى عد ٦٠م <sup>٣</sup> | -                                     | -         | -         | ٣٠٠      | ٨٥٠      | ٩٥٠       | ١٦٠                                | ٣٠٠                                     | -                      | -  | -  |
| بولى إيستر                  | ٣٠٠/م <sup>٣</sup>                    | ٩٠/٣٠٠    | ١١٠/٢٠٠   | ١١٥/١٥٠  | -        | ٢٠٠/٢٥٠   | ١٤٠                                | ٢٨٠                                     | ١.٠٠                   | ١٥   | ٣٠   |
| إستيرين بوتادين             | -                                     | -         | -         | -        | ٣٥٠      | -         | ٤٠                                 | ١٠٠                                     | -                      | -  | -  |

## الفصل الثالث

### البوليمرات واللدائن الإيبوكسية

تستخدم البوليمرات العضوية *polymers* والأنسخت في علاج الشروخ ، وسوف نشير إليهم بالروابط ، وأكثر البوليمرات العضوية استخداماً في الترميمات الإنشائية هي الروابط الإيبوكسية وهي عبارة عن مركب أساسي راتنجي *epoxyde* *binders* ومصلد أو متعجل شك *hardener* حيث يجب خلطهما بالنسب المحددة والروابط الإيبوكسية لها خاصية الالتصاق بالخمات كالخرسانة والحديد وقلة الانكماش كما أنها ذات قوة شد وضغط عاليتين ( وإن كان معامل المرونة للروابط الإيبوكسية منخفضاً إذا قورن بالخرسانة ) ويجب البوليمرات العضوية ضعف مقاومتها للحريق ودرجات الحرارة المرتفعة ولتعريف الإيبوكسي رزن كالاتي :

كل هذه الأنواع من الرزن من الأصح تسميتها إبيكلورهيدين بسفينول رزن *epichlorohydrin bisphenol* وهي سلسلة مكونة من مجموعات عضوية وجلسرول - وهي إضافات مختلفة تستخدم لتعطى إيبوكسيات ذات خواص مختلفة ولكن عامة فكلها ذات صلابة عالية وقوة تحمل ممتازة ومقاومة للكيمويات ولكنها لا تقاوم درجات الحرارة العالية .

**مقاومة اللدائن (الإيبوكسي) المستخدمة في علاج الشروخ للضغط والقوى والحرارة :**

إن السرعة التي أنجز بها العديد من المنشآت الخرسانية العملاقة في البلاد العربية خلال العقدين المنصرمين لم تترك متسعاً من الوقت للمهندسين والمصممين للدراسة وتقييم مدى تأثير هذه المواد على منشآتهم الخرسانية حيث أدت نوعية الترميد من مركبات الخرسانة الأولية المشه والرمال المحوية على الأثرية والمياه الملوثة بالأملاح إلى تنهول مبكر للعديد من هذه المنشآت الخرسانية . كما أن التغييرات المتباعدة في درجات الحرارة والرطوبة على المستويين اليومي والموسمي قد سارع في عملية التنهول لهذه البلاد العربية ذات الدرجات الحرارة المرتفعة ، ومن أبرز سمات هذا التنهول المبكر للمنشآت ظهور تشققات في الخرسانة وتكبيان هذه التشققات في أنواعها ومسمياتها بحسب نوع المشأ والظروف البيئية المحيطة به .

ويلجأ العديد من أصحاب هذه المنشآت المتضررة إلى حقن هذه التشققات بمواد صمغية إيبوكسية آمين بإعادة هذه المنشآت إلى ما كانت عليه من التواحي الجمالية والإنشائية ، ولا يخفى لأصحاب هذه المنشآت في الوقت الراهن ما يكفى من المعلومات لترشيد اختيارهم ضمن مجموعات وأنصاف متعددة من هذه اللدائن في الأسواق المحلية كما أن متجى هذه

اللدائن لا يشيرون البتة إلى طبيعة عمل متجانهم ولا إلى إمكانية تكيفها مع ظروف تلك الدول العربية ذات الارتفاع في درجة الحرارة إلا أن هذا البحث قد خصص للإجابة على بعض هذه التساؤلات .

وقد تمت الدراسة على الأسس التالية :

( ١ ) دراسة تأثير ارتفاع درجات الحرارة على أداء اللدائن :

تم استخدام أنصاف الأسطوانات من الخرسانة ذات الأسطح المائلة بدرجة ٣٠ وتم ربط زوجين من هذه الأنصاف بواسطة اللدائن لتشكيل أسطوانات كاملة صالحة لفحص الضغط حيث يتعرض السطح المائل لقوى القص والضغط معاً وتم استخدام ثلاثة أنواع مختلفة من اللدائن في عملية الربط كما تم فحص هذه المجموعات من الأسطوانات تحت درجات حرارة متباينة ٢٠م و ٦٢م وذلك لمعرفة تأثير الحرارة على قوى الربط بين هذه الأنصاف .

( ٢ ) دراسة تأثير تذبذب درجات الحرارة على أداء اللدائن :

تم استخدام مجموعة من الكمرات الخرسانية ( ١٥٠ مم × ٥٣٠ مم ) مع وجود شق اصطناعي مستعرض يصل إلى نصف عمق الكمرة ويعرض ١,٥ سم كما في الشكل التالي وتم حقن هذه الشقوق بأنواع مختلفة من اللدائن كما تم تعريض العينات هذه لدورات متعاقبة من الحرارة والبرودة وعند إتمام المدد المناسب من هذه الدورات فإن الكمرات الخرسانية تفحص تحت جهد انحناء حيث يتعرض سطح اللدائن لقوى الشد وتفتقر قوى الشد بصورة طردية مع عمق الكمرة الخرسانية حيث تبلغ أقصاها عند السطح الخارجي وتعلم عند المنتصف .



شكل مبين عمق كمرات الأسطوانة التي تمت عليها التجارب موضحاً عليها الترميم

( ٣ ) دراسة تأثير تعاقب الرطوبة والجفاف على أداء اللدائن :

تم استخدام مجموعة من أنصاف الأسطوانات في هذه الدراسة وتم تعريض مجموعات الأسطوانات لدورات متعاقبة من





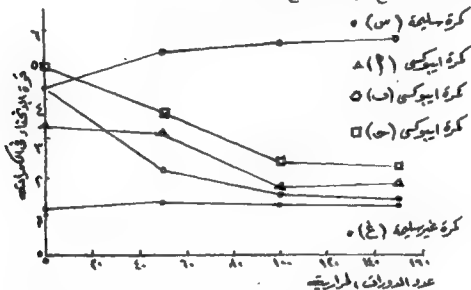
فوق بعضها عند هذه الحرارة وإذا ما علمنا بأن الحرارة للأسطح الخرسانية المعرضة لأشعة الشمس في موسم الصيف قد تزيد في بعض البلاد العربية  $70^{\circ}\text{C}$  فإنه يصبح من المناسب القول بعدم جدوى استعمال اللدائن لحقن الشقوق عندما تكون الخرسانة معرضة للعوامل الجوية المباشرة .

( ٣ ) أظهرت اللدائن الثلاث انخفاضاً ملحوظاً في مستوى الأداء الإنشائي في الكمرات الخرسانية عندما تعرضت لدورات حرارية متعاقبة من الحرارة والبرودة ولربما كان هذا الانخفاض يعود إلى تفاوت في مقدار معامل التمدد الحراري بين اللدائن والخرسانة .

وقد تمت التجربة تحت تأثير الدورات الحرارية المتعاقبة وقد تمت أيضاً التجربة تحت تأثير دورات الجفاف والرطوبة وقد توصلت هذه التجارب إلى التوصيات التالية :

( ١ ) تقوم اللدائن بأداء دورها كاملاً من النواحي الجمالية والإنشائية إذا ما تم استخدامها تحت ظروف بيئية معتدلة أو تحت السيطرة المباشرة كاستخدامها في داخل المباني الخرسانية المكيفة أو في مواقع من المبنى لا تتعرض فيه لعوامل الجو الخارجي من حرارة ورطوبة ودورات حرارية متعاقبة .

( ٢ ) أظهرت اللدائن الثلاث تدهوراً واضحاً في أدائها الإنشائي حينما تعرضت لحرارة تزيد قليلاً عن  $60^{\circ}\text{C}$  وتحولت اللدائن إلى طبقة رقيقة مطاطية تسمح بانزلاق الأسطح الخرسانية



### شكل بيّنة تأثير الدورات الحرارية المتعاقبة على أداء اللدائن

( ٤ ) لم تظهر نتائج فحص اللدائن بعد ترميمها لدورات متعاقبة من الرطوبة والجفاف أي اختلافات ملموسة في مستوى الأداء الإنشائي ولربما احتاج الأمر إلى أعداد كبيرة من هذه الدورات وعموماً فإن ارتفاع مستوى الرطوبة في الجو أو في الخرسانة لا يؤثر بصورة مباشرة في عمل اللدائن يربط أجزاء الخرسانة بعضها البعض .

( ٥ ) أفادت نتائج هذه الاختبارات بأن أنصاف الأسطوانات الخرسانية والكمرات الخرسانية ذات الشقوق المستعرضة تمثل أفضل أنواع المهادج الخرسانية المتوفرة لهاكاة أداء اللدائن لتبعية الشقوق في الخرسانة كما أن المقاسات المعتمدة لهذه المهادج تسهل عملية التعامل مع هذه العينات .

ويمكن التحكم في الخصائص السابق ذكرها والخواص الطبيعية للمنتج النهائي ويمكن لمصمم معادلات الخلط التحكم في الخواص السابق ذكرها والخواص الفيزيائية للمنتج النهائي بحيث تبقى بالتطلبات المختلفة، وهناك إضافات مختلفة يمكن استخدامها أيضاً لتفي بالمطلوب .

وحيث إن تكاليف الإيبوكسي مرتفعة فمن الممكن خلط المنتج بإضافات مائية، تلك التي تعطي خواصاً مفيدة مطلوبة .

تعريف وخصائص هامة عن البوليولات واللدائن الإيبوكسية :

زمن التشغيل Pot Life .

وعلى في الظروف الجافة ، ولذا فإن استخدامها الرئيسي يكون في سد الشروخ في حالات الرطوبة والتشيع لمقاومة تسرب الماء .

والأسمنت المستخدم هنا هو الأسمنت البورتلاندى العادى كما أن الأسمنت قليل الإنكماش والأسمنت سريع الشك يمكن غلطهما بالبوليمرات العضوية .

#### (ب) اختيار الحاميات :

يستخدم أسمنت الحقن ( البالى ) لملاء التشعشات والفراغات الهامة كما يستخدم الأسمنت السريع الشك في بعض حالات ملء الشروخ وتستخدم البوليمرات البلاستيكية ( الراتنجات الأكرليك Thermoplastic Polymers Acrylic Resin ) بصفة رئيسية لملاء الشروخ تحت ضغط الماء لإيقاف نفاذ الماء .

وتستخدم البوليمرات حرارية التصلد Thermoplastic Polymers ( وليس مركبات الأيوكسى ذات الصفات الخاصة ) .

ويعطى الجدولان التاليان ملخصاً لوضع استخدامات أنواع الحاميات المختلفة والمفصلة عن استخدام البوليمرات حرارية التصلد :

جسولول رقم (١)

والروابط الإيوكسية تنتمى إلى فصيلة البوليمرات حرارية التصلد Thermohardening Polymers وهى تشمل ضمن تركيبها البولوريثان Polyurethanes بجزءاً على هيئة مركبين يتم غلطهما عند الاستخدام ( وفى بعض الحالات في حالة طبقات الدهان الرقيقة من مركب واحد يخلط بالماء وإن كان شدة تفاعل البولوريثان مع الماء تشكل بعض الصعوبات في الاستخدام ) ويعتبر البوليستر Polyesters من نفس الفصيلة وهو عادة يتكون من ثلاث مركبات Basic resin, catalysts and accelerator ( أساس راتنجى - وسيط مساعد - معجل شك ) وهى تستخدم غالباً في بوليمر مونة الأسمنت وغالباً ما يكون مقاومته للحرارة أفضل من الإيوكسى ولكن تماسكها بالخرسانة أقل كفاءة وإنكماشها أعلى إذا قورن بالإيوكسى .

وهناك فصيلة أخرى من الروابط العضوية تتكون من البوليمرات البلاستيكية Thermoplastic Polymers أو الروابط الأكرليك acrylamid binder وتصنع من ثلاث مركبات ( أساس راتنجى - وسيط مساعد - معجل شك ) والمركبين الآخرين يمثلان ١٪ بالوزن من الأساس الراتنجى .

وهى سريعة الشك ولا تنصق بالخرسانة وهى ذات إنكماش التصلد :

| الحاصل            |   | بوليمرات<br>حرارية<br>التصلد | بوليمرات<br>بلاستيكية              | روابط هيدروليكية (أسمية)           |                                    |                           |                       |
|-------------------|---|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
|                   |   |                              |                                    | خاص                                | تليدي                              | تليدي مع                  |                       |
|                   |   |                              |                                    |                                    |                                    | بوليمرات<br>حرارية التصلد | بوليمرات<br>بلاستيكية |
| مقاومة<br>الشد    | إزالة فائقة للماء<br>بالمشآت المائية          | ممكن                         | ممكن                               | لا يوصى<br>بإستخدامه<br>(غير مسوح) | لا يوصى<br>بإستخدامه<br>(غير مسوح) | ممكن                      | ممكن                  |
|                   | مقاومة إجهادات<br>الشد                        |                              | لا يوصى<br>بإستخدامه<br>(غير مسوح) | لا يوصى<br>بإستخدامه<br>(غير مسوح) | غير مسوح<br>بإستخدامه              | غير مسوح<br>بإستخدامه     |                       |
|                   | مقاومة إجهادات<br>الضغط دون حدوث<br>زحف creep |                              | ممكن                               | ممكن                               | ممكن                               | ممكن                      |                       |
|                   | زحف creep                                     |                              | ممكن                               | ممكن                               | ممكن                               | ممكن                      |                       |
| مقاومة<br>الزحف   | جاف   | ممكن                         | ممكن                               | ممكن                               | ممكن                               | ممكن                      | ممكن                  |
|                   | رطبة  |                              |                                    | ممكن                               | ممكن                               | ممكن                      | ممكن                  |
| مقاومة<br>الضغط   | تحت ضغط المياه                                | ممكن مع لغطات                | ممكن                               | ممكن مع لغطات                      |                                    | ممكن مع لغطات             |                       |
|                   | $W < ٢,٠$                                     |                              |                                    | لا يوصى بإستخدامه                  |                                    |                           |                       |
|                   | $٢,٠ < W < ٢,٦$                               |                              |                                    | لا يوصى بإستخدامه                  |                                    |                           |                       |
|                   | $٢,٦ < W < ٢,٣$                               |                              |                                    | لا يوصى بإستخدامه                  |                                    |                           |                       |
|                   | $L \geq ٢,٣$                                  |                              |                                    | لا يوصى بإستخدامه                  |                                    |                           |                       |
| الفرامات الداخلية |   | ممكن ولكن<br>مكافئ           | لا يوصى<br>بإستخدامه               | ممكن مع لغطات                      |                                    | لا يوصى بإستخدامه         |                       |

## جدول رقم (٢)

| بولستر  | بولي يوريثان   | الإيبوكسي   | الخصائص الرئيسية للمنتجات              |
|---|--|---|--|
| قوى   | منخفض نكن أعلى من الإيبوكسي  | منخفض   | انكماش اللدونة (البلمرة)               |
| س٢  | جيد  | جيد   | جاف الالتصاق والتماسك مع الطبقة السفلى |
| س٢  | غير مناسب  | توقف على التركيب الكيميائي  | رطب                                    |
| تفاوتت تفاوتاً كبيراً   | تتوقف على درجة الحرارة المخيطة وعلى الكمية المختزنة  | زمن التشغيل Pot Life  |  |
|   | مرتفعة ولكن تقل عندما تقل اللزوجة (تزيد السيولة) لذا يجب أن نهم بالقدرة الميكانيكية عندما تنخفض اللزوجة عن ٥٠٠ $C_{\text{طر}}$ |   | القوة الميكانيكية                      |
| إيقاف نفاذ الماء من الشروخ الدقيقة (التي عرضها $> 0,2 \text{ مم}$ ) | حقن الشروخ في وسط جاف  | حقن الشروخ المثقفة للماء المباشرة وحقن الشروخ النشطة الغير مباشرة بالروابط الإيبوكسية المرننة التي يحدث الكسر فيها بعد الاستطالة بنسبة ١٠٠٪ على الأقل بعد تمام الصلاد ووصول إجهاد الشد لأكثر من ٤ $M_{\text{بر}}$ | جمال الاستخدام                         |

ملحوظة : الجداول السابقة ومعظم التوصيات والتعليمات السابقة أخذت ونشرت في فرنسا .

### المواد الإيبوكسية لأعمال الترميم والقوية وحماية الخرسانة

المواد مثل الحديد والخرسانة وأشبار حديد التصليح في الخرسانة وتثبيت الحوائط وعمل الطبقات المقاومة للاحتكاك والتآكل والأحمال الميكانيكية والمواد الكيميائية وتتميز هذه المونة

بالخواص التالية :

- (١) مقاومة عالية للاختناء يصل إلى ٢٥٠ كجم/سم<sup>٢</sup> .
- (٢) مقاومة عالية للضغط تصل إلى أكثر من ٦٠٠ كجم/سم<sup>٢</sup> .
- (٣) مقاومة عالية للتآكل مع الخرسانة تصل إلى أكثر من ٢٥ كجم/سم<sup>٢</sup> .
- (٤) مقاومة عالية للاحتكاك .
- (٥) مقاومة عالية للكيمويات .
- (٦) غير قابلة للاكماش .

ثانياً : مواد المعالجة السطحية وخلق المسام وتقوية الأسطح بالدهانات :

تستعمل هذه المواد لتقوية الأسطح الخرسانية خاصة الأسطح المسامية وتتمسك هذه الدهانات داخل مسام الخرسانة وتساعد على تقوية الأسطح بدون تكوين طبقة دهان سطحية surface hardner وتساعد على زيادة مقاومة الاحتكاك ومقاومة نفاذية

أولاً : المونة الرابطة اللاصقة والمثاقفة للشروخ : هي مونة لا يستعمل فيها الأسمنت ولكن يخلط الرمل مع مادة راتنجية مثل الإيبوكسي وراتنج البولي إستر ومن المعروف دائماً أن مثل هاتين المادتين لابد من إضافة مصلب Hardner ويكون في حبة أخرى مختلفة لطية الإيبوكسي ويجب إضافة الراتنج والمصلب للرمل بنسب تحددها الشركة الصانعة قبل الاستعمال بمد لا يزيد عن نصف ساعة والمونة الناتجة من هذا الخليط تكتسب خواص ميكانيكية ممتازة وتتوقف على مثيلتها من المونة الأسمنتية كما أن لها خاصية التماسك العالية مع الخرسانة سابقة الصب وحديد التصليح ولها مقاومة عالية ضد البرى والنفاذية والكيمويات ، ويستحسن خلط مادة الإيبوكسي والمصلب قبل الاستعمال مباشرة علماً بأن هذه المونة يجب أن تكون خالية من اللهبات .

وتستخدم في ترميم الشروخ الخرسانية ولحام جميع أنواع

وتحت هذه الدرجة يتم تأخر الجفاف وهذا النوع مقاوم جيد للكيماويات والماء والاحتكاك ولكن له قابلية للاصفرار . ويجوز الحفاز المستخدم ( نوع المصلب ) في ثلاث أشكال شائعة والتي تختلف في العامل الحفاز المستخدم ( نوع المصلب ) .

( أ ) إيبوكسيات تجف بالأمين ( مصلب )

amine-cured epoxies:

وهي أفضل الدهانات المقاومة للمذيبات والأحماض .

( ب ) إيبوكسيات تجف بالبولي أميد :

polyamid-cured epoxies

وله خواص المقاومة للماء والطقس وقوة الالتصاق على الأسطح الصلبة ( الناعمة ) وعن طريق التحكم في كمية المذيب في الخلطة وعن طريق زيادة حجم المواد الصلبة ، وأمكن تطوير الإيبوكسي لدهانه فوق الحديد للملء وحتى تحت الماء .

( جـ ) إيبوكسيات تجف بالأمين أدكت ( مصلب )

Amine adduct-cured materials

وهذا النوع يعتبر أقل حساسية لحالات المناخ عن النوعين السابقين ويتفق معهم في باقي الخواص .

( ٣ ) النوع الثالث والذي يتم في درجات حرارة عالية high baked وهو أفضل الأنواع مقاومة للكيماويات والمذيبات وهو يحتاج إلى درجات حرارة عالية جداً لإتمام عملية البلمرة واستخدام هذا النوع يعتبر محدوداً في دهانات الأسطح الداخلية للتسكات التي تستخدم في نقل الحرسنة أو المواد الكاوية والمذيبات .

مثال : لدهان إيبوكسي ذي مواد صلبة كبيرة High-Solids Epoxy Coating  
مكونات المركب الأول

|                   |       |
|-------------------|-------|
| Titanium dioxide  | 425.7 |
| China clay        | 106.7 |
| Thixotropic agent | 10.5  |
| Despersing agent  | 0.8   |
| Eponex D. R. H    | 249   |
| Butanol           | 221.9 |

يتكون من ثالي أكسيد التيتانيوم

تشبها كلاً

مادة مائعة

مادة مساعدة على الانتشار

خالٍ من المذيبات Free-solvent الإيبوكسي رزن

بيوتانول

مكونات المركب الثاني ( المصلب ) curing agent

|          |       |
|----------|-------|
| versamid | 137.2 |
| Butanol  | 19.4  |

نسب المادة الملونة والمواد الصلبة بالوزن والحجم

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| Pigment volume concentration | 27. 7% |
| solides by weight            | 79. 3% |
| solides by volume            | 64%    |

يتم الجفاف بعد ساعة :

المياه وعدم تكوين الأثرية الناتجة للأسطح الحرسانية وعليه يجب اختيار مواد الدهانات ذات لزوجة كافية لتتغلغل داخل الحرسنة إلى مسافات لا تسمح بانفصال الطبقة السطحية ومن أنواع المواد الخاصة بالدهانات الشائعة الاستعمال للأغراض المختلفة هي :

دهانات الإيبوكسي رزن :

تتوفر هذه الدهانات في ثلاثة أنواع رئيسية :

١ - oil-modified - ٢ catalyzed - ٣ high baked .

وسنلقى الضوء على الثلاثة أنواع :

( ١ ) زيت مطور oil-modified ويتم الجفاف عن طريق الأكسدة ويرجع النوع عادة إلى إيبوكسي إستر epoxy esters وهذا النوع له خواص بين هذه الدهانات عالية الجودة وتلك التي تحمي وتقاوم الكيماويات ، وهي تحتوي على زيت سريع الجفاف في الهواء ويستخدم على الأسطح المعدنية الداخلية ويستخدم في الأسطح الداخلية في المباني المعرضة للأبخرة وفي المغاسل التي تستخدم المنظفات التي تحتوي على مواد قاعدية مثل الصودا الكاوية .

( ٢ ) إيبوكسيات ذات العامل الحفاز : Catalyzed epoxies

هذه الدهانات تجف عن طريق التفاعل بين الإيبوكسي رزن والعامل الحفاز catalyst ( المصلب ) ويتم الخلط جيداً كي يبدأ التفاعل وذلك الخلط الجيد يحسن المقاومة للكيماويات وقوة الالتصاق للسطح وتؤثر درجة الحرارة على سرعة التفاعل حيث يجب ألا تقل درجة الحرارة عن ١٦°م سواء في الجو أو السطح

إشراق السطح إلى حد كبير على مكان العضو الذي تجرى حمايته على الجو المحيط بهذا العضو .

( ٤ ) السيلوكسيدات المتبلورة (polymeric siloxanes) :  
هذه المادة لزجة للغاية إذا لم يتم إضافة المادة المفككة ، وتادراً ما تستخدم في الخرسانة لأنه عندما تتم عملية بلورة السيلينات أو السيلوكسيدات تتكون سلاسل جزئية طويلة وهذه السلاسل البوليمرية تشبه راتنجيات السيليكون علماً بأن الوزن الجزيئي أكبر من ١٠٠٠ .

( ٥ ) السيلوكسيدات المتبلورة جزئياً (oligomeric siloxanes) :  
السيلوكسيدات المتبلورة جزئياً والتي تعرف باسم السيلوكسيدات وأصبحت للتغلب على مشكلة السيلينات التي تتطاير ويمكن أن تتبخر مع اللزب ويمكن الحفاظ على مميزاتها والسيلوكسيدات تستعمل مع المذيبات الأليفاتية أو الكحول حيث المادة الفعالة تتراوح نسبته بين ١١,٤٪ علماً بأن الوزن الجزيئي لهذه المادة من ٤٠٠ إلى ٦٠٠ .

## المواد والمركبات الراتنجية للتصق الخرسانة بين الموصفات القياسية :

حيث لا توجد مواصفات قياسية لمواد ومعالجة وإصلاح المباتي ، تتناول المواصفات القياسية لهذه المواد في قليل من الدول الصناعية وتضمن الحدود التي تقترحها أحياناً الجهات المنتجة لهذه المواد الاختيارات من زوايا متعددة من أهمها التصنيف / المتطلبات الكيميائية / المتطلبات الطبيعية / المتطلبات الميكانيكية / أخذ العينات .

علماً بأن الاختبار الأساسي قصير المدى ( short term test ) هو اختبار المقاومة باعتبارها الأساس الذي يبنى عليه المهندس الإنشائي حساباته الإنشائية ، وفي الماضي استعملت طرق اختبار غير مباشرة حيث كانت تؤخذ قلوب من الخرسانة المصلوقة أو المحقونة بعد إصلاحها بفرض تعيين حدود التفتل ( penetration ) مع إجراء اختبار الضغط على العينة المختبرة على مادة الإصلاح ، ومع ظهور أول مواصفة قياسية انتشرت وتعدت أساليب اختبار المقاومة على النحو الوارد .

## ( ١ ) اختبار مقاومة الضغط للمواد والمنتجات الراتنجية ذات المائي المعدني :

تسمح بإجراء اختبار الضغط كل من المواصفات القياسية وتوصيات أحد بيوت الخبرة ويجرى الاختبار على عينات مكعبة الشكل على النحو الموضح بالشكل التالي ومن البنود التي تفرد بها المواصفات البريطانية هي أن تمتد العينات وتعالج تحت ظروف إما تطبيقية أو تنفيذية بها متفق عليها أو معملية متحكم فيها . ومن البنود التي أوصت بها إحدى بيوت الخبرة السويسرية

**المواد الطاردة للماء :** هذه المواد تصق كيميائياً بالخرسانة وتتفاعل مع الخرسانة وتكون المجموعات غير القطبية الخواص الطاردة للماء حيث تصبح زاوية الاتصال للماء بسطح الخرسانة أكبر من ٩٠° حيث إنه بمجرد وضع هذه المواد تبدأ سلسلة من العمليات الكيميائية ينتج عنها اختراق المادة للخرسانة طاردة أمامها ذرات المياه من مسام الخرسانة بينما تستمر بلورات المادة داخل الخرسانة وهذا يعني أن تصبح الخرسانة صماء بدلاً من وجود الخاصية الشعرية في امتصاص الماء من الخارج تصبح الخرسانة بعد إتمام السلسلة الكيميائية طاردة للماء ولكن يجب قبل بدأ دهان سطح الخرسانة بهذه المواد يجب أن يكون السطح نظيفاً والتخلص من الأجزاء التالفة على سطح الخرسانة وترميمها جيداً وتكون جافة قبل الدهان .

ولذلك وجب اختيار المواد المستخدمة لهذا الغرض ومن هذه المواد الآتي :

( ١ ) راتنجيات السيليكون **silicon resins** : هذه الراتنجيات مذابة في مذيبات أليفاتية ( alifatic ) وتحتوى على مواد صلبة من ٨:٤٪ وينشأ عند تفاعلها التصاق جيد مع حوائط الفجوات السطحية ولكي تعمل بكفاءة يجب أن يكون السطح نظيفاً جداً وجافاً وبه فجوات سطحية كبيرة وقد يؤدي وضعها على سطح الخرسانة لزوجة بسطح الخرسانة وهي لا تصلح للخرسانة ذات الفجوات السطحية الصغيرة علماً بأن الوزن الجزيئي لهذه المادة أكبر من ٢٠٠٠ .

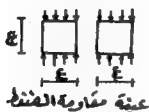
( ٢ ) السيليكونات : **siliconates** : هذه المادة قابلة للذوبان في الماء أو الكحول وبها حوالي ٤٥٪ مواد صلبة وتتفاعل هذه المادة مع ثاني أكسيد الكربون الموجود بالجو ومن ضمن عيوب هذه المادة أن تفاعلها مع ثاني أكسيد الكربون يسبب عيوباً بالسطح الخرساني ويمكن إزالة هذا العيب بالغسيل بالماء أو عند سقوط المطر علماً بأن الوزن الجزيئي من ١٠٠ : ٢٠٠ .

( ٣ ) السيلينات : **silanes** : هذه المادة غالباً ما تكون مذابة في مذيبات أليفاتية ( alifatic ) أو عطرية ويكون محتوى السيلين فيها مرتفعاً حوالي ٤٢٪ ولابد من توافر الرطوبة والمواد المحفزة **catalyst** لكي يحدث التفاعل مع البول سيلوكسيدات **polysiloxanes** وتمتاز هذه المادة عن السيليكونات والراتنجيات بالآتي- علماً بأن الوزن الجزيئي لهذه المادة من ١٠٠ : ٢٠٠ :-

( أ ) ارتفاع نسبة المادة الفعالة إلى ٤٠٪ بينما لا تزيد هذه المادة الفعالة في راتنجيات السيليكون .

( ب ) هذه المادة أفضل مواد إشراق الأسطح حيث يكون تشريبها عميق بسبب انخفاض الوزن الجزيئي بالمقارنة بالراتنجيات وانخفاض لزوجة اللزب بالنسبة للسيليكونات وأحد عيوب السيلينات أنها مادة متطايرة وتتبخر مع اللزب ولذلك تصعد عملية

والألمانية ضرورة الاختبار على العينات معدة خصيصاً للاختبار  
وإذا تكون مأخوذة من أنصاف الكمرات الناتجة عن اختبار  
الانحناء .



بيت خبيرة

إنجليزية

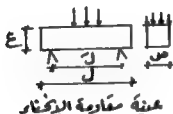
الطول  
ضلع  
المكعب  
ع - م

٤٠

٤٠

## ٢) اختبار مقاومة الانحناء للمواد والمنتجات الراتنجية ذات المائي المعدل :

يسمح بإجراء اختبار الانحناء كل من المواصفات القياسية البريطانية وتوصيات إحدى بيوت الخبرة ويجرى الاختبار على عينات  
منشورية على النحو الموضح بالشكل التالي :



بيت خبيرة

إنجليزية

البعـد - م

١٦٠

١٠٠

ل

١٠٠

٧٥

ل

٤٠

٢٥

ص

٤٠

٢٥

ع

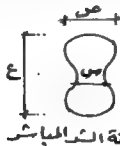
↓

↓

الحمل

## ٣) اختبار مقاومة الشد المباشر للمواد والمنتجات الراتنجية ذات المائي المعدل :

تسمح بإجراء اختبار الشد المطلق المواصفات القياسية البريطانية فقط وتستخدم لهذا الغرض عينة الاختبار السابق استعمالها  
في اختبار تعيين مقاومة الشد المباشر لمونة الأسمنت ( ملفى حالياً ) ويوضح الشكل التالي شكل عينة الاختبار وأبعادها .



إنجليزية

البعـد - م

٧٦,٢

ع

٤٤,٤

ص

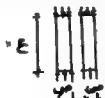
٢٥,٤

س

## ٤) اختبار تعيين معايير المرونة في الضغط للمواد والمنتجات الراتنجية ذات المائي المعدل :

تسمح بإجراء اختبار تعيين معايير المرونة في الضغط المواصفات البريطانية وتوصيات أحد بيوت الخبرة ويجرى الاختبار على  
عينات منشورية الشكل على النحو الموضح بالشكل التالي وتنفرد المواصفات البريطانية بتعيين معايير المرونة المقطع secant

modulus of elasticity



بيت خبيرة

إنجليزية

البعـد - م

١٦٠

٦٠

ع

٤٠

٤٠

ص

عينة معايير المرونة

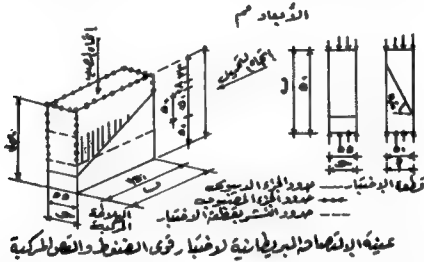
## اختبارات الالتصاق :

المواصفات على التوالي كما توضح الأشكال مقاس الجزء المدموي ( دمية dummy section ) الذي يستخدم لصب جزئى الاختبار وكذلك زاوية ميل سطح اللصق .

## العينة المركبة طبقاً للمواصفات البريطانية :

تعد قطعة منشورية بالنشر من بلاط مركبة من جزئين الأول دميوى ( دمية ) تفرش على سطح الالتصاق به مادة أو مركب اللصق الراتنجى ثم تصب الخرسانة أو يوضع الجزء الثانى سابق الصب لتكملة البلاطة على النحو الموضح بالشكل التالى .

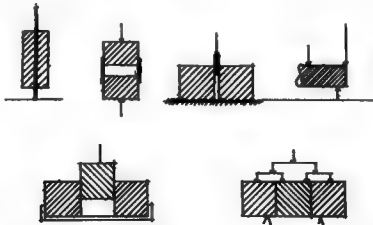
اختبار الالتصاق باستخدام قوى الضغط والقص المركبة : ويجرى هذا الاختبار لقياس قدرة المركبات الراتنجية على لصق عينات أمتعية مع بعضها من خلال تعرض عينات مركبة composite specimens لحمل ضغط ينتج عنه إجهادات ضغط وإجهادات قص على سطح اللصق . وتسمح بإجراء هذا الاختبار المواصفات القياسية البريطانية وتوضح الأشكال التالية مقاسات جزئى العينة المركبة طبقاً لهذه



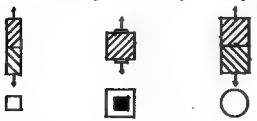
عينة بدنة مادة البريطانية لاختبار قوى الضغط والقص المركبة

القياسية وإنما أوصت بها بعض المعاهد وبيوت الخبرة الفرنسية أو السويسرية أو الألمانية وأوردت بدوريات علمية ويجرى على النحو الصادر من كل جهة على النحو الموضح بالشكل التالى .

اختبار الالتصاق بالقص المباشر ( اختبارات غير وارادة بأى من المواصفات القياسية ) : لم تتضمن مجموعة هذه الاختبارات فى أى من المواصفات



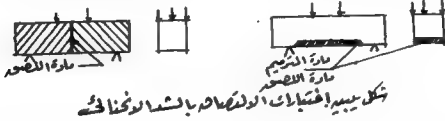
اختبارات الالتصاق بالقص المباشر طبقاً لمعايير معاهد وبيوت الخبرة



اختبارات القص المباشر

اختبار الالتصاق بالشد المباشر ( اختبارات غير وارادة بأى من المواصفات القياسية ) : لم تتضمن مجموعة هذه الاختبارات فى أى من المواصفات القياسية وإنما أوصت بها بعض المعاهد وبيوت الخبرة الفرنسية أو السويسرية أو الألمانية ويجرى على النحو الصادر من كل جهة على النحو الموضح بالشكل التالى :

اختبارات الالتصاق بالشد الانحنائي ( اختبارات غير واردة بأى من المواصفات القياسية ) :  
لم تتضمن مجموعة هذه الاختبارات فى أى من المواصفات القياسية وإنما أوصت بها بعض بيوت الخبرة والمعاهد الفرنسية أو السويسرية أو الألمانية ويجرى على النحو الصادر من كل جهة على النحو الموضح بالشكل التالى :



شكل يبين اختبارات الشد والانحناء

## الفصل الرابع

استعمال المواد الأيدروكربونية فى مقاومة تآكل  
خرسانة الأسمنت والحديد الصلب :

إن المنشآت الخرسانية تحت سطح الماء معرضة للتآكل بفعل المياه ، ويجب ذكر الالتزامات الواجب توافرها فى هذه المون والخرسانات الأسمنتية حتى يمكننا استعمالها لمثل هذا الغرض وأهم هذه الالتزامات .

(أ) ضرورة عمل مون وخرسانات أسمنتية ذات تكاليف  
محمية عال .

(ب) ضرورة استعمال نسبة مضبوطة من الأسمنت .

(ج) ضرورة استعمال نسبة قليلة من الماء مع ملاحظتها  
جيداً .

إننا نكمل حماية هذه المون والخرسانات باستعمال مواد واقية مانعة لتسرب الماء فوق الأسطح أو باستعمال المواد الأيدروكربونية وسنبين ظروف المصاهرة وإمكانية الدخول بين المسام حتى يمكن لهذه المواد الأيدروكربونية أن تلتصق جيداً وتتمكن من أن تحفظ بنواصها الأساسية بمرور الزمن .

إن المواد الأيدروكربونية المضهرة تكون قادرة على الدخول بين مسام الخرسانة يجب ألا تكون هى نفسها السبب فى تآكل الخرسانة ، وعليه يجب أن تكون هذه المواد الأيدروكربونية ذات تأثير كيميائى متبادل ، أى عديمة التأثير . إذ أن تأثيراً حامضياً قوياً يضر كلاً من الأسمنت وكذا حديد التسليح . وعليه فإننا نكرر وجوب تجنب استعمال مواد القطران التى لا تحوى على النسبة الكافية من الفينول .

إن المواد الأيدروكربونية إذا ما لصقت جيداً فوق سطح ما ، فإنها توقف تأثير المياه . فإلياه النقية ذات التركيز الأسى أيدروجينى يقل عن ٦ تذيب الجير وبعض أنواع السيليكات مما حدا إلى استعمال أنواع الأسمنت المستحلبة للمنشآت تحت سطح الماء لتجنب وجود الجير القابل للذوبان .

أما المياه الحامضية وهى أساساً المشبعة بغاز ثانى أكسيد الكربون ، فإنها تحول جير الأسمنت البورتلاندى إلى بيكرونات الجير الذائب فيسبب تفكك وانحلال هذه المادة .

كذلك المياه الكبريتية التى تحوى بالذوبان على كبريتات الجير المائية ، فهى تؤثر فى الأسمنت البورتلاندى المشبع بثلاثى سليكات الكالسيوم . كذلك عرفنا تأثير كبريتات الجير بداخل خرسانات الأسمنت البورتلاندى ، فوجود الجير الحر الذى يذيب الألومين فيتكون كبريتات الألومونوم ثلاثى الكالسيوم ملح مزدوج يحتوى على نسبة عالية من ماء التبلر مقدارها ٣٠ جزء ماء هذا الملح قابل للتمدد إذا كان يحتوى على ألومينات الجير الغير قابلة للذوبان .

إن دور الوقاية للمواد الأيدروكربونية ليس فعالاً فقط بالنسبة لخرسانة الأسمنت بل هو كذلك بالنسبة لحديد التسليح بداخل الخرسانة المسلحة . إن التأثير الكيميائى وتآكل هذا الحديد يحدث فى الأجزاء التى لا تلتصق مباشرة بالأسمنت تضرى بنزع بعض أجزاء الأسمنت . وكذا بوجود الشقوق أو الأجزاء من الخرسانة التى كانت فى المبدأ غير محمية بصورة كافية ، أو كذلك عن طريق التمشيش ، وهو وجود فراغات بداخل الخرسانة وعدم تماس أجزاء الخرسانة نفسها إذ يوجد الأسمنت فى بعض الأماكن بنسب غير كافية .

وفى هذه الحالة ربما يكون العلاج هو حقن الشقوق والفراغات الموجودة بالخرسانة بالمواد الأيدروكربونية حتى نحصل على تماس الفراغات ، وفى الوقت نفسه تغليف أجزاء الحديد المرارة . إن المادة الأيدروكربونية المستعملة للحقن يجب أن تكون حاضرة خصيصاً لهذا الغرض إذ إنه بهذا الشكل يكون دوره للحماية أكثر فاعلية لأنه ليس فقط يقوم بعزل الحديد من فعل المياه بل زد على ذلك أن له تأثيراً فعالاً مضاداً لتكوين الصدأ . والشكل ( التالى أ ) يبين طريقة معالجة الشقوق بالحقن .

وللقيام بالعمل توضع الحقنة داخل الشق بالاستئذنة بقطع من الأسمنت المضغوط ، ويمكن أن تم عملية الحقن على أعماق



فالقنى بالمادة الأيدروكربونية ولو أنه يتناسب مع نسبة احتواء المركب به إلا أنه يتوقف على السطح النوعي للتكوين المعدني للمركب .

وقد ساد الاعتقاد مدة من الزمن أن الكمية الضرورية من المادة الأيدروكربونية لتغليف الحبيبات تتناسب مع السطح النوعي لهذا التكوين . ولكن في الحقيقة إن الحبيبات الدقيقة في الخرسانة يتم تغليفها بسهولة وتطلب مادة أيدروكربونية أقل لتغليف الحبيبات الكبرى .

هذه الظاهرة وغيرها من الظواهر المتعلقة بالتوتر السطحي للشعيرات تفسر أن المواد البيتومينية كمية المادة الضرورية جداً لتغليف الحبيبات يتناسب عكسياً مع الجزر الخامس للسطح النوعي لمواد الخلطة .

نسبة البيتوم بالمركب

فخارج قسمة

السطح النوعي للتكوين المعدني للمركب

يطلق عليه لفظة « دليل نسبة غنى المركبات البيتومينية »  
فلمحصلون على مركبات بيتومينية قادرة لحماية وعزل المنشآت يجب أن يكون « دليل نسبة الغنى مساوياً أو أقل من ٠.٦ »

كبيرة إذا ما سد الشق بوصلة مؤقتة من الأنسخت المضغوط على أن تكون الإبرة المستعملة للحقن بطول ٥٠ سم تقريباً .  
والملاحظة الهامة الجديرة بالذكر في عملية الحقن أنه لا يجب محاولة حقن مستحلب المواد الأيدروكربونية مباشرة تحت سطح الماء إذ إنها تتعرض للانفصال قبل دخولها بعمق في الشق .

**تأثير الاختراق الشعيري للماء في المون والخرسانات التي أساسها المواد الأيدروكربونية :**

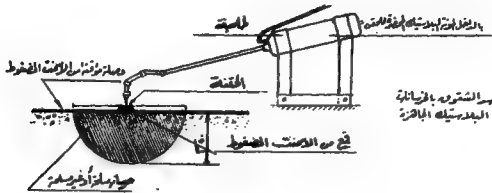
تتخصص المسألة في عامل أساسي هو خاصية الالتصاق . وسنبين ذلك فيما بعد . فالخرسانة ذات نسبة التكتاف الجبسي ٩٥٪ وبمحصنة مواد خلطة ومون ليست لها قابلية تصاهر كافية بالنسبة لبعضها ، وسرعان ما تتعرض لنحرق بفعل الاختراق الشعيري للماء ، مما يحدث نزح طبقات المواد الأيدروكربونية ويتضح أن تعري حبيبات الخرسانة بعد تشرب طويل المدة وبالتالي تفتت الخرسانة . ومن جهة أخرى فإن قوة المقاومة تتناقص بنسبة طردية مع الانتفاخ الذي هو الدليل على حدوث الاختراق الشعيري وتبعاً لمدة تفتت الخرسانة في الماء فإن الرسم البياني (ب) يعطي أولاً النسبة المئوية للامتصاص لمسام الخرسانة الأيدروكربونية ذات التكتاف الجبسي العالي ( هذا الامتصاص حدث سريعاً جداً وبدون انتفاخ ) كما أنه يعطي نسبة الانتفاخ وحده التي بالعكس تتم بالتدرج بالارتفاع البطيء للمواد الأيدروكربونية والتلاصق مع أسطح مواد الخلطة .

أما الرسم البياني (ج) فإنه يبين المبوط في قوة مقاومة الخرسانة ومنه يظهر أنه لانتفاخ الحجم بنسبة ٢٪ فإن المبوط في المقاومة يزيد عن ٥٠٪ ويمكن أن تصل إلى  $\frac{8}{5}$  من قوة المقاومة الأولى .

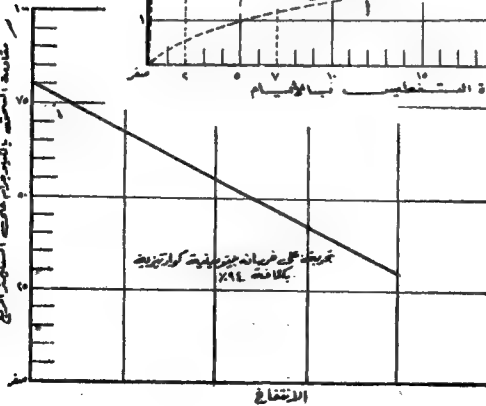
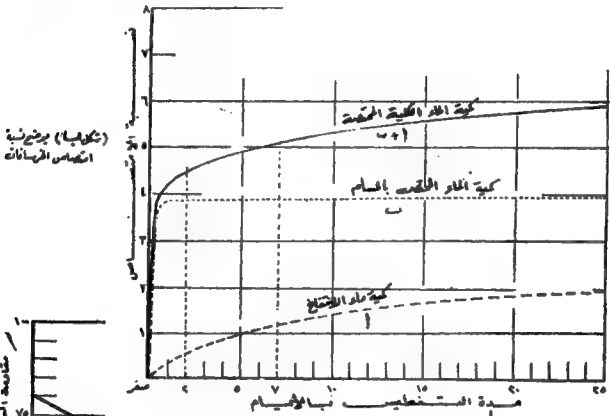
**وفرة المون والخرسانات البيتومينية بالمادة الأيدروكربونية .**

وسنبين ذلك فيما بعد أنه للحصول على عزل تام فإنه يجب توافر الخاصية الأساسية وهي خاصية الالتصاق ، ولكن هذا لا يكفي فالمركب الأيدروليكلي المخصص للحماية لا يجب أن يتبع التغيرات الشكلية التي يتعرض إليها أو يجبر عليها مثل حدوث التشققات نتيجة نقصان في مونة المادة .

وقد تبين الأمر مدة من الزمن بين الغنى بالمادة الأيدروكربونية وبين نسبة الاحتواء بهذه المادة بمعنى وجود ظاهرتين مختلفتين أو تتميز الواحدة عن الأخرى . فالمرحوف أن خرسانة الزلط والرمل تحتوي على ٩٪ من المادة الأيدروكربونية تكون خرسانة غنية جداً بهذه المادة في حين أن المون التي بها ٩٪ مادة أيدروكربونية تكون بالعكس مركب فقير جداً من هذه المادة الأيدروكربونية .



شكل ٢) يبين طريقة ساء الشقوق بالفرمانية  
برابطة المرون البعد سيلة الماقرنة



(شكل ٣) يبين الخط البياني  
لتأقاص المروانة البينونية  
الظلمة بالنسبة لقائمة لاسر  
نتيجة الارتفاع بالماء

## الفصل الخامس

### عزل المنشآت عن تأثير الماء

وبعناية فائقة وإذنه في مثل هذا النوع من العمل يجب مراعاة التعاون التام بين مقاول البناء ومقاول أعمال العزل . إذ أن كلا منهما يكمل عمل الآخر كما وأن عمل كلٍّ يجب أن يحمي الآخر .

تعزل المنشآت إستاتيكياً عن فعل الماء بإحدى الطريقتين :

أ - تشيد الحواطط الخارجية للمبنى من مواد لها درجة عالية لعزل الماء :

مثل المعادن كحديد الزهر والحديد الصلب والنحاس والرصاص وبعض السبائك المكونة منها ، وكذا الخرسانة المسلحة سابقة الإجهاد ، هذه المواد كلها يمكنها أن تقي بالفرض إذا ما استعملت استعمالاً صحيحاً مع عدم وجود أى متفقد للماء يمكن أن يسلطه إلى الداخل .

هذه المعادن يمكن استعمالها بشكل الألواح ذات سمك كافٍ ثلحم فيما بينها بالكهرباء كما أن بعضها كالنحاس مثلاً يمكن أن يستعمل على شكل شرائط تلف حول البنى بعد تغطية سطحه الخرساني الخارجي بمحلول يتوهمى من طبقتين مكوناً حائلاً كيميائياً . هذا المحلول يتوهمى يساعد على التصاق طبقة المعدن العازلة مع دهان سطح المعدن بعد تمام لصقه بطبقة يتوهم سائخن لحمايته ، إن وصلات الشرائط المعدنية المتجاورة تم بركوب ٦ سم من هذه الشرائط فوق بعضها وتلصق كذلك بالبيتوم السائخن . هذه الطريقة من الوصل لا تمثل نقطة ضعف بالنسبة للعزل ، فقد عملت عدة تجارب بمعامل مدرسة التكنولوجيا بمدينة إستوت جارت Stuttgart بألمانيا على عينة من وصلة نفدت بشرائط النحاس وعُرضت إلى ١٢ ضغطاً جويّاً دون الحصول على أقل أثر لنفاذ الماء .

حديثاً أمكن الوصول إلى درجة عالية لعزل المنشآت بتفنيها بالخرسانة سابقة الإجهاد وبذلك أمكننا الاستغناء عن وضع مواد العزل التي كانت متبعة من قبل ، كما سيأتي شرحه بهذه الطريقة ، نفذ رصيف برانل Branel باريس . إن أبعاد الجزء السفلي للرصيف ٢٢×٨٠ متر وارتفاع ٨ م . يتعرض هذا الرصيف وقت الفيضان إلى ضغط إيدرو إستاتيكي يعادل ٧ متر - كما في الشكل التالي يمثل القطاع العرضي للرصيف وكله من الخرسانة سابقة الإجهاد التي يحصل عليها بشد كابلات في كلا الاتجاهين . فالإجهاد الطولي تم بشد الكابلات المرموز لها بالحرف ( أ ) وعلى ذلك فالخرسانة جميعها مضغوطة في جميع أجزائها وبذلك تضمن عدم حدوث أى شروخ أو نفاذ الماء إلى داخل هيكل الرصيف ، يتركز هذا الرصيف على آبار صبت بالخرسانة ،

إن عزل المنشآت من أهم الأعمال الضرورية لحمايتها من فعل الماء . هذا العزل يجب أن يحقق التباعد التام بين الوسط المحيط وهو الماء وبين المواد المختلفة للمنشأ حتى لا تدخل مع الماء في أى تفاعل كيميائي أو تأثير تبادل أيوني أو غيره ، في الوقت نفسه يجب حماية المبنى من مياه النفاذ التي تغزوه . هذا النفاذ ولو كان بكميات ضئيلة جداً فإن التهاون في وجودها قد يؤدي إلى نتائج وأضرار وخيمة .

فالبنى الموجودة تحت الماء يتعرض إلى نفاذ الماء بدخوله تحت ضغط يتناسب تناسباً طردياً مع ارتفاع عمود الماء فوق المبنى أن ارتفاع الماء ١ متر يعطي ضغطاً يعادل ١٠٠٠ كيلو جرام على المتر المسطح للأوجه الخارجية للمبنى سواء كانت أفقية أم رأسية .

والعزل يتم بإحدى الصيغتين الرئيسيتين :

#### ١ - العزل الديناميكي :

وفيه يلجأ إلى دفع هواء مضغوط داخل المبنى لمعادلة ضغط الماء الواقع على أسطحه الخارجية والوقوف ضد نفاذ الماء إلى الداخل تحت تأثير هذه الضغوط الخارجية . هذه الطريقة تشابه طريقة العمل داخل الصندوق السابق ذكرها والتي بها أمكن بزيادة ضغط الهواء في الداخل منع دخول المياه .

ولكن عملياً أن نسبة زيادة ضغط الهواء بالداخل محدودة بقدرة تحمل الإنسان للضغط مما يضطرنا إلى قصر استعماله على الأعمال التي يمكن تدريب شاغلها على تحمل زيادة الضغوط ، كما هو الحال في حالة العمال المشتغلين داخل الصناديق في حجرة العمل ، والذين بالتعود يمكن أن يصل تحملهم للضغط إلى ستة ضغوط جوية .

#### ٢ - العزل الإستاتيكي :

وفيه يستعمل مواد تمتاز بصفة عزل الماء وتدخل في صنع الهيكل الخارجي للمنشأ . وهذه إما تختلط مع مادة البناء أو تستعمل ككسوة أو تجليد *cuvelage* للحائط الخارجي للمبنى من الخارج أو الداخل هذه المواد تؤكد وحدها صفة العزل للمبنى جميعه وتمنع تسرب الماء إلى داخله .

وستفرد هذا الباب إلى الحديث بصفة خاصة عن العزل الإستاتيكي .

إن العزل عملية شاقة ودقيقة يجب أن تنفذ بطريقة مضبوطة

عنه في المباني النصف غاطسة والمباني التي تقع في المنطقة ما بين مستوى المد والجزر .

### العزل باستعمال المواد الأيدروكربونية :

يلخص العزل باستعمال المواد الأيدروكربونية في تحقيق اتحاد فعال ومستديم بين المواد الداخلة في تشييد المبنى وبين مواد العزل . وهذه إما القطران أو البيتوم أو مركبات أساسها هاتين المادتين . إن المسألة إذن مسألة التصاق ، وحل هذه المشكلة يجب أن يحقق العزل وعدم نفاذ الماء للمباني سواء الحجرية أو المشيدة بالحرسنة المسلحة . وذلك باستعمال صحيح لهذه المواد التي أساسها المواد الأيدروكربونية المحضرة لهذا الغرض .

وفي الوقت نفسه على هذه المنتجات أن تحقق الحماية ضد تآكل مختلف المعادن المكونة لهيكل البناء مثل تآكل حديد التسليح أو تآكل الحرسنة الأسمنتية .

ويجب التحذير من تعرض طبقات هذه المواد الأيدروكربونية لقوى القص خوفاً من انزلاق الطبقات فوق بعضها .

### والمواد الأيدروكربونية أهمها :

#### أ - القطران :

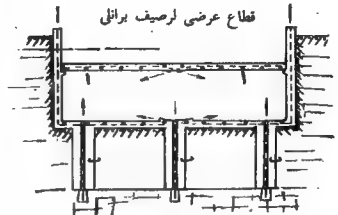
وهي تنتج من التقطير الإتلاقي للفحم الحجري أي تسخين الفحم الحجري بعزل عن الهواء وقبل الوصول إلى الناتج النهائي للتقطير وهو القطران الصلب المشق فإذنا نحصل على قطران سائل يتميز بصفة اللزوجة . إن القطران المشتمل في العزل يمكن اعتباره خليط من القطران المشق واللّزج . وهذا فضلاً عما يتميز بمقدرة عالية على الالتصاق والتماسك واللصق . إن قدرة الالتصاق تعني الالتصاق بالمواد الأخرى في حين أن قدرة اللصق تتوقف على التلاحم الداخلي بين جزيئات المادة والتي بدورها تتوقف على درجة لزوجة المادة ، التي هي من الخواص الرئيسية المميزة لها .

#### ب - البيتومينات :

إنها مواد تختلف عن مواد القطران ، فهي إما تكون من أصل طبيعي كما في بعض أنواعها أو تنتج من التقطير الإتلاقي لحامة البترول ، إنها أجسام تشابه في مظهرها المواد المتخلفة بعد التقطير الإتلاقي للفحم الحجري - ويمكن لهذه المواد أن تذوب في زيوت البترول فتعطي مواداً لها مظهر مواد القطران .

إن البيتومينات السائلة أو الصلبة تتميز مثل مواد القطران بلزوجتها وبالتلاحم الداخلي بين جزيئات المادة والالتصاق بالأجسام الأخرى . وقبل التعرض لشرح خواص هذه المواد نتعرض إلى تعريف بعض المصطلحات وذلك لتحديد معناها الدقيق .

وارتكزت على تربة جوية صلبة . شذت بداخل هذه الآبار كابلات ( ب ) ربط طرفها العلوي بهيكل الرصيف وذلك لتجنب قوة الدفع إلى أعلى وقت الفيضان .



ب - استعمال طبقات من مواد عازلة لحماية المنشآت من تسرب الماء بداخله :

إذا ما كان المنشأ مشيداً بالحرسنة أو المباني الحجرية فلحمايتها من فعل الماء يلجأ إما إلى إدخال مواد خاصة في نفس خلطة الحرسنة أو بتغطيتها بطبقة من مواد عازلة تلتصق على الحائط الخارجي للمبنى ، على أن تغطي بدورها بطبقة حرسانية لحمايتها من السقوط . هذا ما يسمى بطريقة التجليد ، كما سنرى فيما بعد أن المواد العازلة هذه يجب ألا تدخل في أي تفاعل كيميائي مع الماء المحيط أو مع الحرسنة نفسها . قديماً كان يُلجأ لحماية المنشآت أثناء تنفيذها إلى ألواح من الصلب تُترك مفعودة فوق المباني . ثم استعاض عن ألواح الصلب بطبقات من مواد مرنة قابلة للتلاحم فيما بينها وبهذه الطريقة حُلّت مشكلة الحماية ثم استعملت نفس طبقة الحماية للوصول إلى عزل مستمر .

حالياً يتم العزل للمنشآت الحرسانية أو الحجرية عادة باستعمال المواد الأيدروكربونية الثقيلة التي توجد للاستعمال على نماذج مختلفة ، أو أسفلت سائل أو مجموعة مركبات متعددة الطبقات أو مجموعة طبقات من البّاد المشجّع البيتومين . كما أنه يمكن الوصول إلى العزل باستعمال طلائيات داخلية من مواد مانعة لتسرب الماء كما سيأتي شرحه فيما بعد عند التكلم عن نماذج طبقات العزل .

وقبل التكلم عن هذه المواد الأيدروكربونية وطرق العزل بها نتوه إلى أننا سنبين في الباب السابع تأثير أنواع الماء المختلفة على الأسمنت والحرسانات وقوة احتال كل منها . هذا التأثير إما كيميائياً أو ميكانيكياً - كما سنذكر مدى التأثير الميكانيكي بالنسبة لبعد المنشأ عن سطح الماء الذي يختلف في المباني الغاطسة

## ١ - المسامية :

يطلق على أى مادة إنها مسامية إذا كان الحجم الذى تشغله لا مئلاً كليةً بالمادة التى تكوّنهُ ، أى يوجد فراغات يمكن أن تظهر على صور متعددة - ويمكن تقديرها فى مجموعها بالنسبة الحجمية للحجم الكلى .

إن نسبة تكاثف حبيبات المادة هى الرقم المتضم لرقم النسبة الحجمية للمسامية حتى يكون المجموع يساوى ١٠٠ - فمثلاً المادة التى نسبة مساميتها ٢٥٪ تكون نسبة تكاثف حبيباتها ٧٥٪ .

وليس من الضرورى أن تكون المسامية دليلاً أو سبباً لتصلب المادة . فالمسام والفراغات والفجوات لا تشكل خطراً إلا بمقدار التلف والإقلال من قوة مقاومة المادة الناتج من اتصالها بالسطح الخارجى .

إن الخرسانة بها فجوات كما أنه بها مسام - ولكنها إذا ما حضرت حسب أصول الصناعة فإنها تكون عازلة لنفاذ الماء .

إن اللون الداخلى فى تكوينها الرمال الناعمة تحجب مسامية وقليلة العزل لنفاذ الماء . وبصفة عامة يجب تجنب المسامية العارضة أثناء تحضير الخرسانات إذ غالباً ما تكون السبب وفقاً لخاصية النفاذ بالاحتفاظ بنسبة ولو قليلة من الماء .

## ٢ - النفاذ :

يقال لأى مادة إنها منفذة لسائل ما إذا ما أمكن لهذا السائل من اختراق والدخول فى مسام هذه المادة .

وتتوقف ظاهرة النفاذ هذه على النسبة الحجمية للفراغات المتصلة بالخارج فهى تزداد طردياً بزيادة أقطار قنوات التوصيل .

## ٣ - الخاصية الشعرية :

إن الخاصية الشعرية للمادة ما مثل خاصية النفاذ كلاهما يتوقف على النسبة الحجمية للفراغات المتصلة بالخارج - ولكن بدلاً من أن تتغير تغيراً طردياً مع أقطار القنوات الموصلة للفراغات بالسطح الخارجى فإنها تتغير تغيراً عكسياً .

ففى الخاصية الشعرية تتناسب طردياً مع الشد السطحي الذى هو صفة ذاتية للسائل . هذا الشد السطحي ليس هو الذى ينظم الدخول الشعرى للسائل فى المادة ، بل خاصية هناك تتوقف على كل من السائل والمادة ، وهى ما يطلق عليها بالشد بين السطحين أو بمعنى آخر أن عملية دخول السائل فى المادة بالخاصية الشعرية يتوقف على قابلية تبلل المادة بالسائل الذى يخرقها . هذه الحقيقة هامة جداً كما سترى فيما بعد .

## ٤ - صفة العزل :

إن أى مادة عازلة يمكن أن تكون مسامية ، ولكن يشترط أن تكون غير منفذة وخالية من المصاهرة الشعرية للسائل اللامس ، فإذا ما كان السائل هو الماء فهذه المواد لا يجب أن تكون هيجروسكوبية أى منفذة للماء . هذان الشرطان الضروريان ليسا كافيين ، فالمادة لا يجب أن تكون غير منفذة أو غير هيجروسكوبية فحسب ، ولكن إذا ما بقيت مغمورة فيه فإنها لا تتأثر حتى لا يتغير تكوينها مع الزمن بفعل التأثيرات الممكن تداركها والتي تنقسم إلى النوعين الآتيين :

- (أ) التآكل : هذا التآكل يجب أن يقل إلى حده الأدنى ما أمكن وأن يكون فقط سطحياً .  
(ب) الانتعاجات والتغير فى الشكل :

وهى الناتجة من التقلصات ومن التمدد أو الحركة للمواد نفسها أو حركة هيكل البناء . فى هذه الحالة يجب أن تكون المواد إما ذات مرونة كافية حتى لا يحدث لهذه المادة أى شروخات وفى هذه الحالة يطلق على المادة أنها مرنة أى قابلة للاستطالة .

## الخواص الموحدة والخواص المختلفة بين المواد الناتجة من الفصم المحجى والمواد الناتجة من البعول :

إن مواد القطران فى المادة أكثر قابلية للاتصاق من المواد البيتومينية ، إلا أن تعرضها للقدم يكون سريعاً وذلك بتغير زيوتها الأكثر قابلية للتغير عن زيوت البترول إذا ما قورنت ببعضها عند درجة لزوجة متساوية . إن درجة اللزوجة للقطران تتغير تبعاً لتغير درجة الحرارة بنسبة أكبر عنها بالنسبة للبيتوم ، أى أن مواد القطران أكثر حساسية لفروق درجات الحرارة . كما أنه بالنسبة لأنواع البيتومينات يلاحظ أن أنواع البيتوم المؤكسد أقل حساسية لفروق درجات الحرارة من البيتومينات الناتجة من التطهير المباشر للبترول . هذه البيتومينات تقاوم بطريقة أحسن عوامل القدم وذلك بفضل الأكسدة كذلك مما يجدر ملاحظته أن الشد السطحي للجزيئات بالنسبة لمواد القطران تظهر بوضوح أعلى من الشد السطحي لمواد البيتوم التى فى نفس درجة اللزوجة وتبعاً لذلك أن الضغوط الشعرية لكل من مواد القطران والبيتوم التى تتناسب مع الشد السطحي فإنها تختلف بنفس النسبة . ففى الوسط أن الشد السطحي لمادة البيتوم أقل بنسبة  $\frac{2}{3}$  منها لمادة القطران فى نفس درجة اللزوجة .

وأخيراً أن مواد البيتوم ومواد رواسب البترول يمكنها أن تنفد بطريقة أفضل من ناحية الاتصاق فى زيوت القطران ولكنها يخربها القدم بسرعة . وبالعكس لا يمكن إذابة مواد

رواسب الفحم الحجري بالزيوت المستخرجة من البترول ، فالشد السطحي لهذه الزيوت الأعيرة ليس مرتفعاً بدرجة كافية .

### خاصية الالتصاق للمواد الألدروكربونية :

من الناحية التي نبحثها يعتبر الالتصاق الخاصية الأساسية للمواد الألدروكربونية ، والمقصود بالالتصاق ليس فقط التلاصق البسيط لقشرة مرنة فوق سطح صلب كال معروف بالتلاصق الميكانيكي ، حيث لا يوجد التصاق حقيقي . فالقشرة المرنة يمكن أن تظهر ملصوقة جيداً تحت مختلف التأثيرات ( كالضغط الجوي أو التصاق جسمين بسبب خشونة سطحهما الخارجي ) ، ولكن في الحقيقة في هذه الحالة لا يتحقق التلاصق الحقيقي بل مرة لأن قشرة مادة العزل التي ليس لها ملاصقة للالتصاق تقلص بفعل الانقباض الغروي مسببة التبخر للسائل المذيب أو التجمد للمادة المستحلبة أو تبريد المادة العزل الساخنة .

إن قشرة مادة العزل لها كذلك خاصية الشد ، وبالشدة تضعف الحقيقة في عدم الالتصاق لأن القضاء المرن المشدود لا يتركز إلا على رؤوس نتوءات متناحية في الصخر الموجودة على السطح الخارجي للبناء ؛ وعليه فتوجد دائماً مسافة حرة بين طبقة العزل والسطح الخارجي للمبنى يمكن تحديد سمكها المتوسط ولو أنه صغير جداً بمقدار  $\frac{1}{10}$  أو  $\frac{1}{20}$  من الميكرون .

فإن لم يكن هناك تلامصق بالتلاصق مع الماء ووجود فقرة ولو كانت متناحية في الصخر فإنه تحدث ظاهرة تشرب بالامتصاص الشعري . إن الضغط الشعري مرتفع جداً ويزداد كلما قل السمك الشعري ، وبالعكس . ففي هذه الحالة فإن سرعة الاختراق تكون أكثر بطء تبعاً لتأثير لزوجة السائل النفاذ وتكون النتيجة انتفاخ القشرة المرنة العازلة ثم انتراعه وتلف كل الطبقة العازلة .

إن الالتصاق خاصية لا تتوقف فقط على التلاصق الميكانيكي لسطحين . بل تتوقف كذلك على قابلية للمصاهرة والملاصقة لجزيئات مادة الطبقة العازلة مع جزيئات المادة الصلبة للسطح الخارجي للمبنى والذي يحدث ليس فقط تلامصق عام ، بل يحدث تلامصق فردي جزئي لجزئي . ولما كانت جزيئات سطح المبنى الصلب ثابتة الاتجاه فإن الجزيئات المصاهرة لها من السائل تنسحب ووضعها في الاتجاه الذي يحقق التلامصق التام . هذا التلامصق يخضع دائماً لقوانين التكافؤ الكيميائي .

وعليه فخاصية الالتصاق ليست ظاهرة ميكانيكية ، ولكنها ظاهرة كيميائية بحتة أو طبيعية كيميائية حسب الحالة .

إن المواد الألدروكربونية وعصوماً البيتوم هي مواد قليلة النشاط من الناحية الكيميائية .

فمواد القطران والبيتوم في حالتها الطبيعية في العادة ذات تأثير حامضي ضعيف ، ولذلك فلها قابلية للمصاهرة مع المواد القاعدية مثل خرسانة الأسمنت البورتلاندي أو خرسانة الأسمنت السوبر سمنت وكذا الجير والحجر الكلسي والحجر الدولوميت *la dolomite* . وألحيت القاعدية الناتج من القرن العالي وبعض المواد الأخرى .

وبالعكس فإذا ما لصقت مباشرة فوق المواد الحامضية فإنها تلصق بدرجة ضعيفة أو على الأقل ينجش دائماً من انتراعهها بواسطة النفاذ الشعري للمياه اللاماسة . مثال ذلك مادة الكوروترز - والكوروترز - والسيليس ، وكثيراً من أنواع الجرانيت والرخام - السماق ، وعموماً كثيراً من الصخور المتبلورة .

فلجعل المواد الألدروكربونية لها القدرة على الالتصاق بالمواد الحامضية يجب إضافة كمية قليلة جداً عليها من منتجات خاصة تحقق الشد المطلوب يطلق عليها . أكثر هذه المنتجات استعمالاً هي الصابون الغير ذائب أو الأحماض الدهنية *acides gras* أو الصمغ الغير قلووية . إن الأحماض الدهنية لا تكفي لتحقيق التصاق مواد العزل على المواد الحامضية ، ولكن هذا الالتصاق نحصل عليه توتراً إذا ما وضع أو أدخل بين المواد الحامضية والأحماض الدهنية ( التي تثبت على أسطح مادة العزل ) مواد أساسها أملاح لا تنفب في الماء مثل الجير . أما مادة الباريت *barite* وهذه تكون أسمنت لا يذوب في المسافات بين المادة العازلة وسطح مادة البناء . هذا الأسمنت يمنع لإحلال الماء عمله .

حديثاً وجدت منتجات خاصة تسمى بالصابون الكاثيوني بإضافته لمواد العزل بكميات قليلة فتلصق مباشرة على المواد الحامضية ، تكون سلبية التكهرب عند تلامصقها بالماء في حين أن مواد العزل لها غلاف خارجي موجب التكهرب نظراً لوجود قشرة من الصابون الكاثيوني على السطح بالعكس إن أنواع الصابون العادية تغطي غلغلاً سالب التكهرب لا يمكن أن تلصق على الغلاف السالب للمواد الحامضية إلا بإدخال مادة كاثيونية كالجير مثلاً الذي هو موجب التكهرب .

لم نتكلم فيما سبق إلا على خاصية الالتصاق لمواد العزل إذا ما وضعت على خرسانة الأسمنت أو الحجر أو ما شابه ذلك . أما فيما يتعلق بالمعادن والأحصى حديد الصلب الذي يمتص كثيراً في لفشآت التي نحن بصدها فإن التصاق المواد الألدروكربونية على حديد الصلب يتم بسهولة من الالتصاق

درجة كافية من السيولة ، ولكن يجب أن تكون مساهمها بحيث تمكن للمادة الأندروكربونية السائلة الدخول فيها .

وعليه يمكن التفكير في إدخال مادة القطران ذات درجة لزوجة معينة بين مسام خرسانة الأسمنت حتى تكون عازلة ، أو إدخال بيتوم سائل بنفس درجة اللزوجة سواء كانت ساخنة أو باردة .

إن المواد الأندروكربونية العازلة لكي تخترق مسام طبقة خرسانة الأسمنت يجب أن تكون سائلة بدرجة كافية حتى تسمح عند مرور الماء فيها بتكوين مستحلب . بخلاف ذلك يجب أن تكون هذه المواد الأندروكربونية لها درجة معينة لامتصاص الماء أو أن تكون قادرة على التوغل والدخول في المسام في حالة وجود طبقة أو قشرة رقيقة من الماء على أسطح الشعيرات . وعليه فيجب أن تكون المواد العازلة نسبة خفيفة من الفينول أو تتألف بالأحماض الدهنية مع خلوها من المواد التي تسبب الاستقطاب ومبللة بدرجة كافية كما تسمح للماء بأن يمر فيها مكوناً مع المادة الأندروكربونية المستحلب المطلوب .

إن مستحلب البيتوم الذي يكون وحدة واحدة داخل الخرسانة في وسط مائي لقطرات البيتوم ، المثبتة بإضافة صابون ، لا يكون أو يمثل مادة عزل يمكن أن تدخل في خلايا الخرسانة . وفي الحقيقة أن مستحلبات البيتوم في الماء تقطع على أسطح الأجسام حتى الأجسام المسامية ، لأن هذه الأخيرة سريعاً ما تستول على الصابون المثبت . للمستحلب بمجرد ملاسته ، وهذا الاستيلاء على الصابون دائماً ما يتناسب طردياً مع سمك الشعيرات .

وبالإضافة إلى ذلك فإن المستحلب باهظ التكاليف خصوصاً إذا ما أردنا تكملة العزل للسطح الذي مهد له بدخول مادة عازلة سائلة محضرة لهذا الغرض . فإذا كانت المادة العازلة السائلة أساسها قطران الفصم الحجري خصوصاً إذا كانت تخترق على محلول الكتروليتي ، وهنا يتحقق الالتصاق الكامل بين نوعين من اللون ، ويتكون عند انصافهما غشاء مكون من راتنج القطران الذي ينشأ بالتلاصق مع البيتوم .

وبذلك نرى أن العزل بهذه الطريقة يمكن أن يستعمل كطريقة تتماثل وتطبق طبقة من الخرسانة البيتومينية فوق مون وخرسانة الأسمنت . فمثلاً يوجد طريقة تتلخص في البدء بتشبع اللون والخرسانات بمادة خاصة سائلة من القطران يمكنها الدخول بين مسام اللون والخرسانة حتى فوق الحواطط الرطبة . وتبعاً لدرجة مسامية الأسطح يفرش طبقة أو طبقتين من هذه المادة العازلة القادرة على الدخول بين المسام . وفوق أول طبقة يرش

بمادة حامضية . فالحديد المغطى بطبقة أكسيد خفيفة والذي يكون ذات تأثير قاعدي فإنه يلتصق بسهولة بمواد العزل التي تكون غالباً خفيفة الحامضية ( الفينول للقطران - والأحماض الفنتالينية للبيتوم ) وإن الالتصاق يكون بنفس الدرجة لالتصاق مواد العزل بالصخور القاعدية .

ولا يفوتنا في هذا المجال أن نذكر فيما يتعلق بأنواع القطران أنه من الأفضل أن يحتفظ القطران بنسبة ضئيلة من الفينول حتى يمكنها الامتزاج وتكوين عجينة متجانسة فوق الحديد الصلب والالتصاق به جيداً وبالعكس فإن زيادة نسبة الفينول في القطران تمثل عبأً جسيماً . ولهذا السبب إذا لم يشر باستعمال أنواع القطران الخالية من الفينول فإنه يفضل أن تستخرج أو تتعامل كيميائياً .

وأما فيما يتعلق بمواد البيتوم فإن التصاقها بالحديد الصلب أقل درجة من التصاق مواد القطران ولكن من السهل أن تزيد من درجة التصاقه وذلك بإضافة كمية ضئيلة جداً من الفينول إليه وإضافة جزء صغير من زيت الفينول وعلى كل حال إن أنواع البيتوم المستعملة تحوى دائماً على جزء طفيف يقدر بحوالي ٣ - ٥ ٪ من قطران الفصم الحجري ، وعليه فنجده دائماً يحوى على نسبة قليلة من الفينول . إن إضافة المنتجات مثل الأحماض الدهنية أو الصابون العادي ينحصر عملها في تحسين التصاق المواد الأندروكربونية بالصلب . وبالعكس فإننا نعتقد أن الصابون الكاثيوني لا يستحب في مثل هذه الحالة .

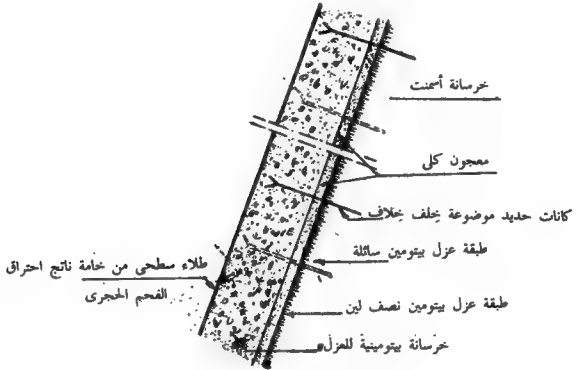
أما فيما يتعلق بمواد الفينول وهي مواد الفينول الحقيقي ، ومواد الكريزول ومواد الزيليتول ( فإن وجودها في القطران بكمية قليلة جداً يحسن التصاق القطران بالمواد القاعدية كما هو الحال مع مواد البيتوم ولكنه يكون ضاراً بالنسبة للأسمنت البورتلاندي عند استعمال مواد القطران المحتوية على نسبة كبيرة من الفينول الذي يوجد في حالته الحرة يؤثر في الجوهر الذي يطلق حراً وقت شك وتجمد الأسمنت مكوناً فينولات ذات النسبة العالية للنوبان نسبياً ، وعليه فينتج تآكل لخرسانة الأسمنت باستعمال القطران ذات النسبة العالية من الفينول ، مما يسبب ضرورة استعمال منتجات محضرة خصيصاً لمثل هذه الأعمال :

**استعمال المواد الأندروكربونية في عزل وحماية المياهي الحجرية وخرسانات الأسمنت :**

تستعمل المواد الأندروكربونية كطلاء لعزل اللون والخرسانات وحمايتها من تأثير الماء . ويمكن لون الأسمنت أن تطلعت مساهمها بالنسبة للماء . بمعالجتها بمواد أندروكربونية على

المستحلب ثابته بمادة ميثية تكون طبيعته ونسبة الاحتواء تتوافق مع طبيعة ونسبة الاحتواء للمحلول الالكتروليتي بالقطران الحضر . والمهم هنا توافق النسب .

بطريقة ميكانيكية مستحلب أو محلول البيتوم . كما أنه يمكن كذلك استعمال البيتوم المسائل كما في الشكل التالي ولكن يفضل مستحلب البيتوم لأنه يمكن اختيار نوع من البيتوم نصف طري بدلاً من بيتوم سائل يحتاج لأن يجف . المهم هو أن يكون



عزل حائط خرساني باستعمال الخرسانة البيتومينية  
طريقة التصاق خرسانة الأسمنت بالخرسانة البيتومينية للعزل

فوق هذا الطلاء من المواد الألدروكربونية الخفيفة توضع  
طبقة طلاء بيتومينية رقيقة

وبالرجوع إلى التكلم على مواد تشيع الخرسانة أو مون الأسمنت نقول : إن هذه المواد لا يجب عليها فقط أن تدخل في مسام خرسانة الأسمنت وتلتصق بها ( تقريباً كطريقة دخول النبات بجذوره في داخل التربة ) بل بالإضافة إلى ذلك يجب على هذه المواد ألا تقصد وتضغف من قوة مقاومة مونة أو خرسانة الأسمنت كما يجب ألا تحدث أي تآكل .

في بعض الحالات فإذا ما أردنا مثلاً حماية حائط سد فإنه يمكن وضع - فوق هذا الطلاء البيتوميني - طبقة من خرسانة بيتومينية للحماية ، محضرة بطرق خاصة ( تتميز بزيادة نسبة البيتوم في الخرسانة ) كما أنه بدلاً من استعمال مونة أو خرسانة بيتومينية فإنه يمكن استعمال طلاء من المادة النقية يلتصق بالأسمنت بطريقة كاملة يدخل في تكوينها الرمل أو كسر الرخام السماق حسب طرق التنفيذ المعروفة .



## الباب الخامس

## الإصلاحات الغير إنشائية والشروخ الغير إنشائية

### الفصل الأول

### الإصلاحات الغير إنشائية

معنى الإصلاحات الغير إنشائية هي التي لا تؤدي إلى زيادة قدرة العضو الخرساني على تحمل الأحمال وتتلخص في البوند التالية :

#### تساقط الخرسانة :

يتبع تساقط الخرسانة من تعرضها لظروف جوية قاسية أو بيئية محيطة مضرّة ، نتيجة لصدأ الحديد ، ضعف الخرسانة نتيجة عدم خلطها بالنسب حسب المواصفات وقلة تحملها مع الزمن ، ضعف خواصها الميكانيكية وإصلاح هذا العيب يتبع الخطوات التالية :



شكل يبين تساقط خرسانة العמוד وقطع السلم

١ ) تختلف أساليب الإصلاح باختلاف المواد المستخدمة فهناك الإصلاح القائم على استخدام الراتنجات أو الإصلاح باستخدام الأسمنت والركام في حالة إذا كان الإصلاح كبيراً أو باستخدام المونة في حالة الإصلاحات الأصغر حجماً .

٢ ) إزالة جميع الأجزاء المفككة والزوايا الحادة والتسويات الظاهرة والخرسانة الضعيفة حتى الوصول إلى سطح نظيف ومتناسك .

٣ ) تنظيف جميع المناطق المتضررة بالماء أو بالرمل المضغوط وعمل شدات أو قوالب خاصة لاستخدامها عند إجراء الإصلاحات الكبيرة مع إزالة كل الأتربة أو أي مواد تمنع

الالتصاق مثل الشحوم والدهون .

٤ ) يجب العناية بصفة خاصة بالخرسانة التي تساقطت نتيجة لتعرضها لمياه البحر أو المياه الجوفية أو أي مواد مضرّة بالخرسانة وكذلك الأعضاء التي بها نسبة كبيرة من الكلوريدات إذ يجب في هذه الحالة إزالة كل الخرسانة الملوثة على أيونات ضارة .

٥ ) يستحسن ربط الخرسانة أو مونة الإصلاح بالخرسانة القديمة فإذا لم يكن هناك صلب تسليح في المنطقة المطلوب إصلاحها فيمكن استخدام مسامير ربط 'dowels' تثبت بالخرسانة القديمة لربطها بالخرسانة الجديدة .

٦ ) دهان الخرسانة القديمة بمواد تساعد على حماية التسليح من الصدأ وإذا كانت هذه المواد محتوية على حامض فسفوريك أو أية أحماض أخرى فيجب عدم استعمالها لاحتمال تفاعلها مع الخرسانة أو مونة الإصلاح ، ومن المواد التي يستحسن استعمالها :

أ ) البولي يوريثات وأحسبها البولي يوريثات اللبئية 'polymars latex' ويمكن استعمال مستحلب اللاتكس مع المونة ويدهن بها السطح حيث يتماسك اللاتكس والمونة على الأسطح تماسكاً جيداً ولا يتأثر بالرطوبة ويجب وضع المونة قبل أن يفقد المستحلب لزوجته.

ب ) الراتنجات وأحسبها الإيبوكسي وتمتاز عن مستحلب اللاتكس بوجود فترة أطول قبل جفافها ولكن يجب الاحتراس الشديد من جفاف الإيبوكسي قبل وضع المونة بحيث لا تزيد المدة عن ٢٠ دقيقة بأي حال من الأحوال وفي بعض الحالات يتم خلط الإيبوكسي بالرمل الحشن لزيادة تماسكه مع الخرسانة أو المونة الجديدة .

جـ ) مونة الأسمنت وتستخدم في الإصلاح مباشرة بعد دهان السطح القديم وذلك بعمل روية من الأسمنت بمادة ستايرين يونادين أو مستحلب أكريليك بنسبة جزء إلى جزئين من مونة الأسمنت بالوزن أو روية الجيرال بوند السابق شرحها .

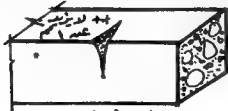
د ) مونة البوليستر والأكريليك وهي أبسط كيميائياً من مونة الإيبوكسي حيث يتكون البوليستر بالتفاعل الكيميائي ويبدأ شرارة التفاعل عامل مساعد catalyst غالباً أكسيد peroxide

عند الانكماش ولكن يجب زيادة قابلية التشغيل بإحدى مواد الإضافة التي يخضع A.S.T.M-C-494 type A وعند تحضير الخرسانة يملأ الفراغ الناتج من التكسور ويتم الدمك جيداً في حالة ما إذا كان السطح أنقى ، أما إذا كان السطح رأسياً يتم وضع ألواح خشبية ومفتوحة من أعلا تشكل قمع ثم تصب الخرسانة حتى نهاية التكسور وزيادة . وفي اليوم التالي تزال الخرسانة الزائدة مع مسلوطة السطح .

( ٢ ) المونة الأمتية وتستخدم في حالة الفراغات التي تقل عن ١٠ سم وتتكون هذه المونة : جزء أمتنت إلى ٣ أجزاء رمل ويستحسن استعمال إضافات لتحسين التماسك مع الخرسانة القديمة بالجديدة وفي كلا الحالتين سواء كان الإصلاح بالمونة أو بالخرسانة يجب دهان السطح القديم بربوة الجيرال بوند السابق شرحها في أنواع خرسانات الترميم وفي حالة الفراغات الأكبر من ١٠ سم يتم الترميم بطريقة الرش gunit حيث تمتاز هذه الطريقة بضمان حدوث اتصال كامل بين المونة والخرسانة جيداً ثم يتم دهان مكان الصب وحوله بطبقة سميكة من المونة الأمتية المكونة من جزئين أمتنت إلى جزء من مادة الإسترين بونادين أو ما يمثلهما وإذا كان التشخيص سطحياً فيعد عملية التنظيف بدهن السطح القديم باستعمال المونة الأمتية الراتنجية التي تتصلق بسطح الخرسانة الرطبة وتكون المواد الراتنجية المستعملة هي الراتنجات الإيبوكسية والبوليوريثان .

### الشروخ الرفيعة الشعرية الغير نافذة :

( ١ ) يمكن علاج الشروخ الشعرية الغير نافذة للأعماق كبيرة وبمرض لا يزيد عن ١م والمتشرة بشكل غير منتظم في الأسطح الخرسانية والتي يتكون عادة من زيادة انكماش الخرسانة بدهانها عدة أوجه بمادة إيبوكسية منخفضة اللزوجة وفي جميع الأحوال يجب أن يكون سطح الخرسانة تام الجفاف ونظيف وخالي من أجزاء الخرسانة المفككة أو زبد الأمتنت وذلك بطريقة مدفع الهواء أو مدفع الماء ، وفي حالة استعمال مدفع الماء يجب ألا تعالج الشروخ إلا بعد الجفاف تماماً ويكون دهان الشروخ بالفرشاة ويستعمل في الدهان مونة الأمتنت أو المستحلب اللثي . وهذه المواد تحترق الشروخ بحرية كبيرة ويمكن أن تملأها تحت تأثير الجاذبية إذا كانت الشروخ بأعلا الكبرة أو البلاطة .



شروخ رقيقة

عضوى والمواد الأساسية لراتنجات البولستر لما القدرة على الوصول إلى مقاومة كبيرة بسرعة على التصلد في الأجواء الباردة ويوجد الآن راتنجات الأكريليك لأحدى الحزقيات الأنشط من البولستر في التفاعل المؤدى إلى التصلد .

### التعشيش :

يحدث التعشيش من وجود مسافة ضعيفة بين حديد التسليح لا تسمح بمرور الخرسانة ، نقص الدمك نتيجة توقف الهزاز وعدم وصول الغزوة أو كان الصب يدوياً أو استعمال خرسانة جافة أكثر من اللازم أو حدوث شك مبكر للخرسانة أو استخدام خرسانة مضى على خططلها مدة كثيرة أو قلة عرض القطاع الخرساني للكمرات التي يمرض ١٢سم أو حركة الشدة أثناء الصب نتيجة عدم التغطية عليها .

وقبل إجراء أى تكسور في الخرسانة يجب عمل اختبارات لمعرفة مكان التعشيش بأى اختبار مثل الموجات فوق الصوتية أو اختبار بأشعة جاما أو بأخذ قلب خرساني في المنطقة المشكوك فيها ، وبعد معرفة مكان التعشيش يقتضى إزالة الخرسانة السطحية لكشف الخرسانة الداخلية المفككة ويستحسن صلب العضو إذا كان التكسور يشمل منطقة كبيرة وإذا كانت الخرسانة المفككة غير مطابقة للمواصفات تستخدم في الطريقة اليدوية للتكسور أو بطريقة الشنوبر الكهربائي الذي يساعد على عدم تفكك الخرسانة السليمة بعد إزالته ، وقبل هذه الإزالة يجب صلب العضو المراد تكسره .



معرفة عدم تعشيش  
فتراته بربوة حدة

### مواد الإصلاح :

( ١ ) الخرسانة الأمتية أو الراتنجية وتستعمل هذه الخرسانة إذا كان الجزء المرال كبيراً ويجب أن تكون الخرسانة غنية بالأمتنت مع تدرج خبسي جيد للركام وأن تكون الخرسانة بها نسبة الماء إلى الأمتنت منخفضة وإلا تعرضت الخرسانة للتشقق

## ٧ علاج الشروع بطريقة التشرب بالتفريغ :

## vacuum impregnation

إذا كانت الشروع الشعرية منتشرة بالعضو ويكون تدهور الخرسانة قريبة من السطح وفيها يتم تنظية الجزء التالف من العضو بغطاء من البلاستيك وتلتصق بجميع أطرافه بسطح الخرسانة جيداً ثم يتم تفريغ الهواء جزئياً داخل هذا الغطاء ثم تسطأ أنجرة ذات لزوجة منخفضة للارتناجات لتلأ داخل الغطاء يملأ الشروع وهذه الحالة تصلح عندما يكون دمك الخرسانة غير كاف وبشكل عام هذه الشروع سطحية ولا يزيد عمقها عن ١ سم وبعرض ١ م .

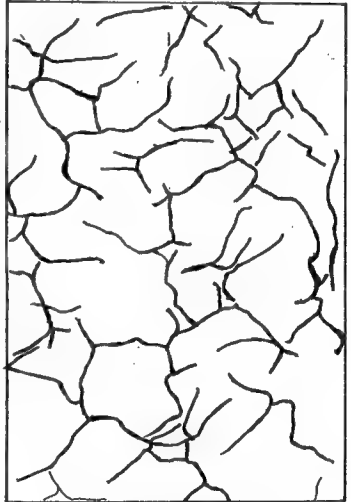


طريقة قطع الشروع بالمشارة الكهربائية  
وموضع مادة الغواصة

ويتلخص في الأساسيات الآتية :

لإزالة الأثرية وطبقات الدهان أو الزيوت من على سطح الخرسانة للحصول على سطح متساك والحصول على أجزاء قوية للأجزاء المقطوعة بحيث لا تكون زوايا القطع حادة جداً فتتكسر أو لإزالة كل الخرسانة حول الأسياخ في حالة وصول التحول الكربوني إلى أسياخ الأركان أو في حالة وجود نسبة عالية من الكلوريدات في الخلطة وتشكيل القطع يتم الآتي :

لا يتم استعمال المطرقة اليدوية والأزول إلا في الحالات التي يصعب فيها استعمال المشارة الكهربائية الذي يصلح لتحديد عرض الشق في حالة إصلاح صدأ الحديد في مساحات كبيرة أو في حالات وعند وجود الشروع سطحية يتم توسعة الشروع بالمشارة ويكون تفشيع الشروع على هيئة كـ وتحديد أبعاد الفتحات على عمق واتساع الشروع ويجب تنظيف الشروع وإزالة المواد المفككة بالهواء المضغوط إما في حالة قطع الخرسانة لملء الشروع السطحية الرميضة بالمونة يدوياً فيعمل القطع بزوايا حادة لمنع تساقط المونة والشكل التالي يبين شرح لا يقل عن ١٠ سم بعد قطعه لإزالة الأجزاء المعيبة .



شروع لا تمازج إلا بطريق التشرب

## الشروع الظاهرة بالخرسانة :

عند وجود شروع ظاهرة بالخرسانة والناجمة عن أسباب غير إنشائية فمن المفروض في هذه الحالة أن الخرسانة جيدة النوع وأن الشروع دقيقة ولا تمثل خطورة على استمرارية تحمل التسليح . فإذا تم معانة الشروع وكانت ناتجة عن سلوك طبيعي للمبني ، فيجب معالجتها بعناية لتجنب الأضرار التي تنجم عن هذه الشروع ( مثل تسرب المياه خلال هذه الشروع ، وعندما



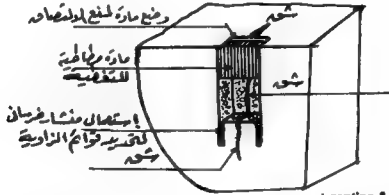
شرح أدوية عمق ١٠ سم

فتح الشروع بالآلة، للأجزاء المعيبة

## فتح الشرخ لضعفها بمادة مطاطية : flexible sealing :

تستعمل طريقة فتح الشرخ لضعفها في حالة الشروخ الكبيرة نسبياً وتتلخص هذه الطريقة في توسعة الشرخ عند سطحه بعمل شق بطول الشرخ باتساع يكفي لوضع المادة وهذه التوسعة بواسطة الشاكوش والأزميل أو بواسطة منشار الخرسانة بعرض لا يقل عن ٧٥ سم حيث إذا كان الشرخ أضيق من هذا

يصعب حشوه ، وبعد فتح الشرخ ينظف بواسطة مياه تحت ضغط لضمان خلوه تماماً من الأتربة ولا يوضع مادة ملء الفواصل فيه إلا بعد الجفاف مع وضع مادة لمنع الالتصاق كما في الشكل التالي. أما عن مادة الملء فيمكن استخدام المركبات الراتنجية أو بسائل البيتومين اللزج الخاص بالفواصل ، ويمكن استخدام البيتومين الساخن ويجب اتباع مواصفات مادة الملء التي تخضع للمواصفات الأمريكية .



## فتح الشرخ لضعفها : routing &amp; sealing :

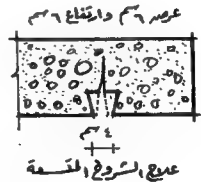
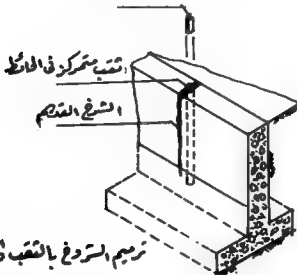
في حالة الشرخ المتسعة والتي لم يكن هناك أى احتمال للحركة مستقبلاً وقبل الشرخ في ملء الشرخ لابد من عمل شق سطحي عرضي عند الشرخ بعرض يتراوح من ٤:٣ سم وبعمق لا يقل عن ٦ سم وبعرض من أسفل لا يقل عن ٦ سم كما في الشكل التالي وهذا النوع من الشرخ لا يصلح فيه اللون الجاف ويملاً يدوياً، وطريقة الملء هي أن تمنح المعينة بماء قليل حتى تأخذ شكل كورة ثم توضع هذه اللون في الشرخ على طبقات لا تزيد عن ١ سم وتضغط جيداً وقبل وضع اللون يجب أن يكون مكان الشرخ نظيفاً من التكسر بواسطة الهواء المضغوط أو المياه وعندما تجف توضع روية البوليمرية السابق شرحها لتساعد على التماسك بين الخرسانة القديمة واللونة الجديدة ويجب أن يكون محتوى الماء منخفضاً جداً في اللون حيث أن نسبة الماء للأصمت كلما قلت كلما كان الانكماش قليلاً .

## ترميم الشرخ بالثقب والحشو :

## Repair of crack by drilling and plugging :

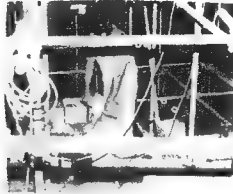
تصلح هذه الطريقة إذا كان الشرخ رأسياً في الحائط فيمكن عمل ثقب لا يقل عن ٢ إلى ٢,٥ سم متمركز في الشرخ ويجب أن يكون الثقب واسعاً ليوفر مساحة كافية لاسطوانات الحشو المصنوعة من الخرسانة سابقة الصب أو اللون ، ويتم تنظيف الثقب تماماً ثم يسد الشرخ من الخارج بمادة بيتومينية يمكن إزالتها ، ويتم ملء الثقب بمونة الحنن grout ثم يملأ الثقب بالاسطوانات السابقة الصب وفي حالة ما إذا كان عزل المياه مهماً أو سيحمل هذا العضو أحمال فيمكن ملء الثقب بمادة رجوعية كبيرة ومعامل مرونة أقل من اللون .

## الخرسانات الحشو



**طريقة الحقن الخاصة باستخدام الراتنجات (١) خلط المركبات :** قد يلزم الأمر تغليب المركبات قبل خلطها للحصول على تجانس المركبات الممزوجة ثم تخلط المركبات خلطاً جيداً قبل الاستخدام مباشرة ومن الأمور الهامة جداً الالتزام الدقيق بنسب الخلط للراتنجات الإيبوكسية طبقاً لتعليمات المنتج .

تصلح هذه الطريقة في حالة الشروخ الضيقة جداً من ٠,٥ مم إلى ١,٥ مم أو في حالة الرغبة في ملء الشروخ بمادة أكثر صلابة من مونة الأسمنت فيمكن استخدام طريقة الحقن بالإيبوكسي وتلخص في التالي :

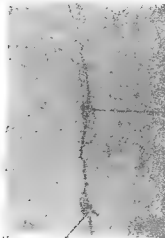


طريقة خلط مركبات الإيبوكسي جيداً بماكينة الخلط

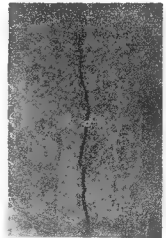
(٢) **تنظيف الشروخ :** وهي عملية صعبة عادة خاصة للشروخ القديمة : وهي تتم عموماً بضغط الهواء التنظيف الجاف ( هواء خالي من الرطوبة والزيوت ) .

(٣) **التجهيز لعملية الحقن :** توضع أنابيب الحقن في نهاية الشروخ وفي تقوالب التهوية المجهزة على الشروخ على مسافات تتراوح بين ٢٠٠ مم ، ٦٠٠ مم ثم تثبت الأنابيب ويسد الشعور الظاهر من الشروخ بمونة إيبوكسية سريعة الشك وإذا كان الشروخ نافذاً إلى الجهة الأخرى في الجزء الخرساني ( مسمع ) فوجب سد الجانب الآخر بنفس المونة السريعة وقد يلزم الأمر توسيع الشروخ لتسهيل عملية ملئه .

انزوت على



توضع أنابيب الحقن في نهايتها الشروخ وفي تقوالب التهوية على مسافات من ٢٠٠-٦٠٠ مم



الشروخ في الخرسانة قبل العمل

يتم التحضير حول أنابيب الحقن بمونة إيبوكسية سريعة الشك

طرق الحقن الخاصة باستخدام الراتنجات الإيبوكسية :

( ٤ ) عملية الحقن : يبدأ الحقن من الأنوية السفلى ويجب أن يظهر الحقن في ثقب ( أنابيب ) التهوية المتتالية التي يجب سدها بعد ملئها ويجب ألا يتوقف الحقن حتى يظهر في الأنوية العلوية في نهاية الشرخ ويجب ألا يكون الضغط عالياً جداً ( حوالى  $5 \text{ MPa}$  ) .



تبدأ الحقن من الأنوية السفلى ويجب أن يظهر الحقن في ثقب ( أنابيب التهوية ) المتتالية التي يجب سدها بعد ملأها ويجب ألا تنقل ماكينة الحقن حتى تظهر مادة الحقن في الأنوية العلوية وفي نهاية الشرخ ويمكن الانتقال إلى الأنوية الوسطى إذا لزم الأمر وخاصة في حالات للشروخ المتعددة

( ٥ ) المعدات : من المهم جداً تنظيف المعدات بعد الحقن بحناية كما يجب ألا تستخدم إلا المعدات النظيفة .

( ٦ ) احتياطات الأمن : تجنب وصول المواد الإيبوكسية للجلد والعين أو لبس القفاز والنظارة ويجب أن تكون هناك تهوية كافية .

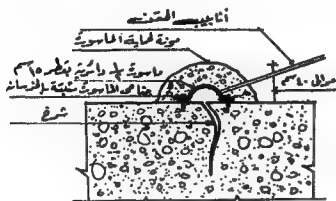
**وقف تقدم الشروخ والحقن بطريقة مثل السابقة :**  
وتصلح هذه الحالة عندما يكون المطلوب وقف تقدم شرخ عن طريق تثبيت وحقنه بطريقة مماثلة للأنابيب وتلخص في التالي :

وضع نصف ماسورة فوق الشرخ بقطر ١٥ سم ولها جناحان وبهذه الأجنحة خروم بها مسامير لتثبيت الأجنحة على سطح الخرسانة والذي به الشرخ مباشرة وتوضع الماسورة على هيئة قطع وتكون متمركزة على الشرخ ويتم لحام الواسير مع بعضها ، وتثبت الماسورة بالمسامير على سطح الخرسانة .

- قبل البدء في تثبيت الماسورة ينظف الشرخ جيداً بالهواء المضغوط ، وبعد تثبيت الماسورة أو قبلها يتم عمل خروم بالماسورة لتثبيت أنابيب الحقن ويستحسن أن تكون الأنابيب من نفس نوع معدن الماسورة .

- يحش على الماسورة بمونة أميتية باليد وذلك لمنع تحرك الماسورة أو أنابيب الحقن .

- بعد جفاف المونة بثلاثة أيام على الأقل يبدأ في الحقن تحت ضغط يضمن به لحام الشرخ كله .



طريقة تثبيت الشرخ ودعم نيابته

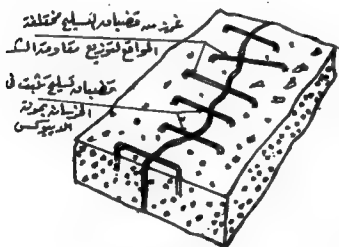
وقف تقدم الشروخ بطريقة الفرز :

Repair of crack by stitching :

المهدف من عمل الفرز لاستعادة مقاومة الشد في شق رئيسي عن طريق وضع تسليح على شكل غرز ويتم بالطريقة الآتية :  
( أ ) عمل ثقب على جانبي الشق ووضع تسليح على شكل حرف U .

( ب ) تم الفرز بحفر ثقب على جانبي الشرخ ولحام دبابيس التثبيت ( قطع معدنية على شكل حرف ب ) وفي حالة الأعضاء المعرضة للزعم فينبغي في الجهة المعرضة لإجهادات الشد .

ومن إيجابياتها زيادة صلابة المنشأ إذا تم تكرارها في عدة مناطق ، ومن سلبياتها احتمال ظهور تشققات في مواطن أخرى ولا تسد الشقوق ولكن تمنعها من الاستمرار في الاتساع .



استعادة مقاومة الشد في شرخ رئيسي بطريقة الفرز

إصلاح الشروخ بالحقن بمونة الأهمنت :

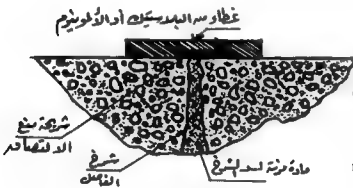
عندما تكون الشروخ أوسع من الشروخ التي تم حقنها باستخدام راتنجات الإيبوكسي فهذه الطريقة مثلها تماماً ولكن تكون قطر الأنابيب أوسع ، والمسافات بين كل أنوية وأخرى

والصغير ثم تنمر بالسائل وبعد التبلر يحصل على عضو خرساني جيد .

### السد بمونة مرنة : Flexible sealing :

المهدف منها إصلاح الشقوق النشطة active crack يتم الإصلاح بتوسيع الشرخ إما باستعمال المنشار الكهربائي وهذا الشرخ يجب توسيعه بمقدار يتناسب مع متطلبات العرض والشكل بفواصل مدد عمائل عند السطح ثم تنظيفه بالسفع الرملى sand blast وتيار الهواء أو ماء متدفق jet أو كليهما ثم تملأ المنطقة بمادة مرنة أو مادة مطاطة مشكلة حسب عرض الشق من المطاط العادى أو البيتومين أو المطاط البيتومينى ومن التفاصيل المهمة فى الإصلاح بهذه الطريقة هو أن توضع مادة أخرى bond breaker تمنع الترابط بين مادة الإصلاح والخرسانة عند السطح كما فى الشكل التالى :

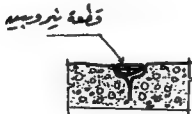
ويمكن بعد توسيع الشرخ وقبل ملئه يجب وضع شريحة لمنع الالتصاق فى قاع الشق وكائنة هذه الشريحة هو السماح للمادة المطاطة بتغيير شكلها عند اتساع الشرخ بدون حدوث تركيز فى الإجهادات عند القاع :



### إصلاح الشقوق بمادة مرنة عازلة للسليج :

#### الغطية بمادة مطاطية :

عند توقع حركة مستقبلية ملموسة فى الشرخ فلا بد من توسيع الشرخ سطحياً لكي تكون مادة ملء الشرخ المطاطة أوسع بكثير من الشرخ نفسه لتقليل الانفعال الذى سيحدث بها إلى أقل حد ممكن أما عن طريقة التواء فتبع ما كتب سابقاً عن طريق التشرب والتنظيف وخلافه .



بمسافة من ٤٠٠ إلى ٦٠٠ مم ومادة الحقن تكون من الأسمنت والماء فقط أو من الأسمنت والرمل ويجب أن تكون نسبة الماء للأسمنت أقل ما يمكن لزيادة الإجهاد وتقليل الانكماش مع إضافة إحدى مواد الإضافة السابق شرحها لتحسين الشك workability وذلك لتقليل نسبة الماء ويمكن فى الأعمال الصغيرة استخدام مسدس الحقن اليدوى ويجب التأكد من تغلغل المونة المحقونة حتى آخر الشرخ .

### إصلاح الشقوق بالحقن بالمواد الكيميائية :

#### chemical grouting :

تصلح هذه الحالة فى الشروخ الوسط بين الضيقة التى حقنت بمادة الإيوكسى وبين التى حقنت بالمونة الأسمنتية ومن مميزات مادة الحقن بالمواد الكيميائية أنها تصلح فى الأجواء الرطبة ، ومادة الحقن عبارة عن محاليل مكونة من مركبين كيميائيين أو أكثر تتكون من تفاعلها مادة هلامية Gel أو رواسب precipitate أو رغوة foam ومن إيجابيات هذا الحقن الآتى :

( أ ) يمكن استعماله فى الأجواء الرطبة .  
( ب ) له مدى زمن واسع للتحكم فى تصلد المادة الهلامية هذا بالإضافة أنه يستعمل فى إصلاح الشقوق ذات عرض صغير يصل إلى ٠,٠٥ مم .

ومن سلبياته الآتى :

( أ ) ليس له مقاومة .

( ب ) يحتاج إلى مهارة عالية فى التشغيل وأنها تتطلب عدم حدوث جفاف شديد أثناء استعمال المبنى .

### طريقة الحقن بالبوليمرات أو التشرب : Polymer :

مواد البوليمرات السائلة أحادية الجزيئات monomer systems يستعمل فى ملء الشروخ وعلى درجة عالية من السهولة ولتشرب خلال الخرسانة الجافة فتشربها الخرسانة كما يفعل الماء تماماً وهذه المادة تتحرى على مادة بادئة بالإضافة إلى المادة الأحادية الأساسية Basic monomer كما يمكن أن تتحرى أيضاً على مادة رابطة cross-linking agent وعندما يتم تسخين هذه السوائل الأحادية تتحد معاً مكونة مادة بلاستيكية متينة أو تؤدي إلى تحسين عدد من خواص الخرسانة .

وطريقة التنفيذ: يجب أن يجفف سطح الخرسانة ثم يغمز بالسائل الأحادى وعندما تملأ الشروخ يترك للبلورة polymerize وقد استعملت هذه الطريقة فى إصلاح الكمرات المشرخة حيث تم تجفيف الشروخ وتغليفها بألواح معدنية غير منفذة للماء ولا تتفاعل مع السائل المستخدم وتم إغراق الشروخ بالسائل وترك للبلورة فضاء الكمر كما كانت واستعملت أيضاً فى الإصلاحات الكبيرة وفى المناطق للكسورة حيث تملأ الفجوة بالركام الكبير

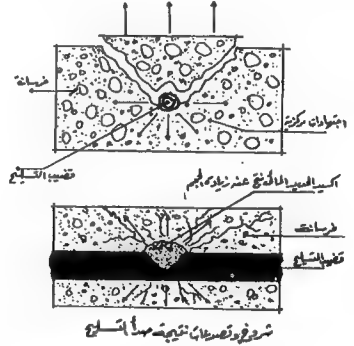
(د) الطريقة المعتادة في إضافة التسليح هو وصل الأجزاء المتآكلة من الأسياخ بأسياخ إضافية لاستعادة مساحة التسليح كما كانت ، ويجب أن يكون وصل الرباط لا يقل عن ٦٠ مرة قطر السيخ في حالات الشد ، ٤٠ مرة قطر السيخ في حالات الضغط .

(هـ) في بعض الحالات يفضل ربط الحديد الإضافي بحفر تقرب في الخرسانة ولحام الحديد الإضافي بدائلها باستعمال الإيوكسي .

(و) يمكن إضافة الحديد الإضافي عن طريق كانات على هيئة قطعتين منفصلتين يتم لحامهما أو وصلهما معاً بعد تثبيت كلا منهما ، ومن الصعوبة عمل كانة بسيخ واحد .



**تأكسد حديد التسليح :**  
تأكسد حديد التسليح ( الصدأ ) هو العملية التي يرجع فيها الحديد إلى حالته الأساسية كخام مؤكسد وتؤدي القلوية العالية للخرسانة المحيطة بحديد التسليح إلى تكوين طبقة موصلة من أكسيد الحديد تقوم بحماية الحديد من الصدأ وعلى الجانب الآخر فعندما يكثر تواجد الأملاح في الخرسانة فإن أيونات ملح حامض الكلوريدريك تبدأ مهاجمة طبقة الحماية وإضعافها حتى يصبح حديد التسليح معرضاً لعملية صدأ مباشر ، وهناك عوامل مهمة لاستمرار عملية التآكل ( الصدأ ) وهي الرطوبة والأكسجين ويمكن لهما الوصول للحديد من خلال غطاء الخرسانة concrete cover وبالتالي استمرارية تدعيم عملية التآكل التي تعتمد على كمية وسرعة تواجد الرطوبة والأكسجين حول حديد التسليح .

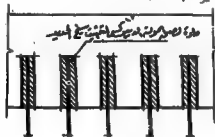


### خطوات إصلاح حديد التسليح :

إذا كان الصدأ قد تسبب في نقص مساحة الحديد بأكثر من ٢٥٪ فيجب زيادة حديد التسليح في القطاع ، وفي هذه الحالة يجب صلب العضو المراد زيادة الحديد له ويتبع الخطوات التالية :

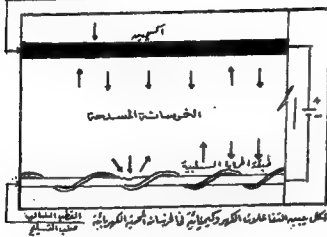
- إزالة جميع الأجزاء المفككة والزوايا الحادة والتعوجات الظاهرة والخرسانة الضعيفة حتى الوصول إلى سطح نظيف .
- إزالة حديد التسليح المتضرر وإضافة حديد جديد ، وفي حالة تكشف أكثر من نصف محيط حديد التسليح يفضل إزالة الخرسانة دائرياً حول محيط الحديد .
- تنظيف المناطق المتضررة بالهواء أو بالرمل المضغوط لإزالة جميع الأجزاء الضعيفة .

( ز ) يمكن إضافة حديد تسليح إذا أمكن قطع الخرسانة وعمل شق على هيئة ذيل حمامة ، مثل ذيل الحمامة المستعمل في تركيب حلوق النجارة ، ثم ينظف مكان التكرير ويوضع الحديد ، ثم تصب عليه مونة إيوكسية ، وفي جميع الحالات يستحسن عدم استخدام صلب التسليح الغير قابل للصدأ أو الحديد المجلفن في نفس القطاعات المستخدمة فيها حديد عادي ، لأنه باتصالهما يمكن أن تزيد من معدل الصدأ في أماكن القطب السالب المتفجرة بسبب تأثير الجلفنة .





نظام التسليح المرسوم



## الفصل الثاني الشروع الإنشائية

سبق أن تكلمنا عن طريقة فحص الشروع والاختبارات المتلفة وغير المتلفة ، وستكلم هنا عن ما لم تذكره سابقاً . وسنبداً بطريقة تنفيذ الأعمال المساعدة لتبجح ترميم الشروع الإنشائية وهي كالآتي :

( ١ ) تجهيز السطح : وفيها يتم إزالة الخرسانة والفتات الناتج عن إزالة الخرسانة قبل البدء في سد الشروع السطحية وذلك التنظيف باستخدام الرمال المنضفة كي تؤدي عملية سد الشروع دورها في تحمل الضغط العالي أثناء الحقن ، وعدم تسرب الإيوكسي إلى الخارج .

( ٢ ) حقن المياه : حقن المياه تحت ضغط يساعد على تنظيف الشقوق المتسعة من المواد السائبة ، وتقدير مدى التدهور وانتشار الشروع وقياس كمية الماء المتدفق ومعدلاته ، وتعبئ التدفق ومسارته .

( ٣ ) تركيب أنابيب الحقن :

سبق أن تكلمنا عن طريقة وضع أنابيب الحقن في نهاية الشروع ، ونضيف إلى ما سبق شرحه ، كلما كان الشروع أقل اتساعاً كلما أصبح من الضروري زيادة منافذ الحقن ، ويستحسن أن يكون المثقاب للمستعمل في حفر منافذ الحقن من النوع اللزود بمصدر مياه دوار Water swivel بجوار رأس المثقاب حيث يؤدي اندفاع المياه أثناء عملية الثقب إلى غسيل المواد الناعمة وفتات الخرسانة من الثقب حيث لا تصبح هذه النتائج عائقاً في تسرب تدفق الإيوكسي في الشروع ، ويفضل أن يكون المثقاب من النوع المتصل بوحدة لسحب الهواء أثناء الثقب .

في حالة ما إذا كان الحديد لم يتآكل نتيجة الصدأ فيتم الآتي :  
( أ ) بعد التكسير والنظافة للخرسانة المعيبة يتم تنظيف حديد التسليح جيداً باستعمال فرشاة سلك أو المثبته لشبورة أو مسدس الرمل .

( ب ) يتم دهان حديد التسليح بإحدى المواد الآتية :

( ١ ) مونة أسمنتية ويستحسن ألا يدهن حديد التسليح بأي دهان قبل وضع المونة الأسمنتية ، لأن هذا الدهان سيصبح عازلاً بين الحديد والمونة ، ويستحسن إضافة روية الجيرال بوند . وقد سبق شرحها . ويمكن إذا كان هناك وقت قبل صب المونة ممكن رش الحديد الدهون بالإيوكسي برمل حرش نظيف كي يصحح الوسيط بين المونة التي سيتم صبها مستقبلاً من نفس نوع المونة .

( ٢ ) مونة أسمنتية بالبوليمرات أو اللاتكس .

( ٣ ) تستخدم دهان الإيوكسي المكون من اتحاد مادتين كانت للصدأ .

( ٤ ) هناك اتجاه تفضيل الدهان بكموميد الزنك ، لأنه وجد أنه يوفر للحديد الحماية الأولية المطلوبة .

( ٥ ) يتم عمل غطاء خرساني من خرسانة تتكون من الركام الرقيق الذي لا يزيد الحجم الأقصى لحبيباته عن ٥م مع الرمل والأسمنت بنسبة عالية لا تقل عن ٤٠٠ كجم / م<sup>٣</sup> مع إضافات لزيادة السيولة . وفي بعض الأحوال يتم عمل الغطاء الخرساني من المونة الأسمنتية البوليمرية أو المونة البوليمرية المسلحة بألياف الفايبر جلاس أو المونة الإيوكسية .

### حماية أسياخ التسليح كهربائياً :

وجد أن الحماية الكهربائية أكثر فاعلية في وقف عملية الصدأ من الطرق التقليدية : وهذا النوع من الحماية يستعمل في المنشآت الصحية ، وأن المبدأ الأساسي في الحماية الكهربائية هو تقليل القدرة أو القابلية الكهربائية لصلب التسليح مما يقلل كثافة التيار فينخفض معدل الصدأ ، وعندما تنخفض القابلية الكهربائية فلن يحدث تحول حديد إلى أيونات الحديدوز عن القطب الموجب ، ومن ثم تقف عملية الصدأ .

وللحماية الكهربائية يتم تثبيت قطب موجب على سطح الخرسانة ، ثم تحويل صلب التسليح بطريقة اصطناعية إلى قطب سالب بواسطة تيار من مصدر مستمر D.C-source فينتدق التيار خلال الخرسانة من القطب الموجب إلى القطب السالب كما في الشكل التالي .

## ٤ ( خواص المواد المستعملة في الحقل :

من المعروف أنه كلما زاد عمق الشرخ أو قل اتساعه كلما كانت مادة الحقل ذات لزوجة منخفضة ، ولا يصلح العمل في هذا النوع من الشرخ إلا في درجات الحرارة العالية ، وليس في الجو البارد . ويكون هناك زمن تصلد كاف وخصوصاً في حالة الشرخ الضيقة والعميقة حتى يمكن تغلغل الإيوكسى في الشرخ قبل تصلده . ويكون الزمن كافياً لعملية التصلد من ٤٥:٣٥ دقيقة . ويشترط في هذه المادة أن يكون لها مقلومة تماسك عالية ومقاومة ضغط لا تقل عن مقاومة الخرسانة للضغط ، ولا تتأثر هذه المادة بالمياه ولها خاصية التماسك مع الخرسانة في الجو الرطب وضمن هذه المواد الآتية :

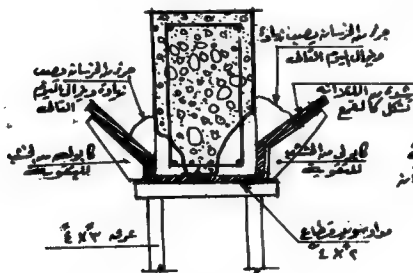
( ٥ ) تقويم عملية الحقل : يجب تبني مادة الحقل داخل الشرخ بواسطة جهاز قياس حالة الشرخ ، وهذا الجهاز يمكنه قياس عمق الشرخ وتقدير عمق ونوع مادة الحقل الإيوكسية اللازمة لإصلاح الشرخ . وأبعاد هذا الجهاز ١٠×٣٠×٤٠ سم . ويمكن أخذ قراءات الموجات فوق الصوتية بعد انتهاء عملية الحقل ، فمن المعروف أن زيادة سرعة النبضات عن تلك المسجلة قبل الحقل في نفس المواضع يعنى تواجد الإيوكسى ووصول هذه السرعات إلى السرعة الخاصة بالخرسانة الجيدة يعنى أن القطاع الخرساني استعاد قوته .

( ٦ ) الشدة ذات القمع : سبق أن تكلمنا عن الشدة الخشبية والتحفظات الواجب اتخاذها ، ولم نتكلم عن الشدة ذات القمع التي تستعمل فقط في الإصلاحات ، وهذه الشدة تصلح لتوفير مدخل مناسب لصب الخرسانة . وفي كثير من الأحيان يصعب توفر هذا المدخل إلا باستخدام الشدة ذات القمع أو المنقار أو شكل صندوق البرد كما في الشكل التالي ، والمهدف من الجزء المتسع هو توفير مجرى مائل للصب ، وفي نفس الوقت مكان لإدخال المزاريق لدمك الخرسانة . ويتيح عن هذه الشدة جزء زائد لأنه من خصائص هذه الشدة أن تكون فضتها العليا أعلى من المكان المراد صبه وإزالة الجزء الزائد يجب فك الأجانب فقط ثاني يوم وتكسر الجزء الزائد . يمكن عمل هذه الشدة من الخشب في حالة ما إذا كان هناك متسع لعمل هذه الشدة . ويمكن عمل هذه الشدة من الحديد في الأماكن الصعبة التي يصعب تدعيم الشدة الخشبية منها بصورة جيدة .

( أ ) المونة الأممية العادية : من المعروف والمهم إذا كان هناك عضو من الأعضاء لم ينته منه الصب لأي سبب من الأسباب فيجب قبل إعادة الصب مرة ثانية وضع مونة الأممت والرمل بنسبة ١م<sup>٣</sup> رمل إلى ٣٠٠ كجم أممت ، وذلك لتغليب كل الركام وسطح الخرسانة المتصلدة القديمة . ويجب عمل الدمك الجيد .

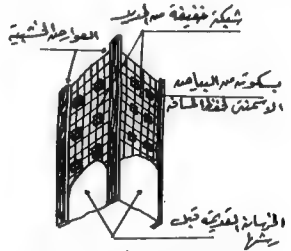
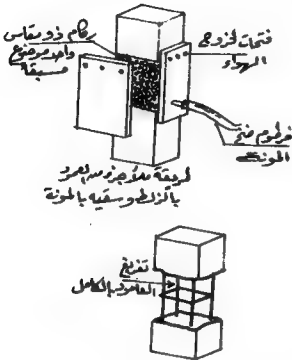
( ب ) يمكن استعمال مونة أممتية لا تحف بسرعة ، وذلك في حالة إذا كان تثبيت الشدة بأخذ وقتاً طويلاً أو تعمل أجناب لكسرة ويطول وقت تثبيتها ، فوضع المونة بالصورة الأولى لا يصلح ، لأن المونة ستجف قبل نهاية إصلاح الشدة فيستحسن إضافة مادة إلى المونة لتزيد من الـ workability ويرجع إلى مواد الإضافة السابق شرحها وذلك يخلط هذه المادة مع الخرسانة أو المونة في خلطات سريعة لتقليل الهواء المحبوس إلى أدنى درجة ممكنة . ويرجع للمواصفة الأمريكية A.S.T.M-C-260 بهذا الخصوص .

( ج ) استعمال راتنجات الإيوكسى المتوافقة مع الماء : وللمونة الإيوكسية ميزتان الأولى : أنه يمكن تغير تركيبها



شكل مبين طريقة تشكيل وشك قشمية كقالب قديم عماره الجدران المتطاوله من الخرسانة

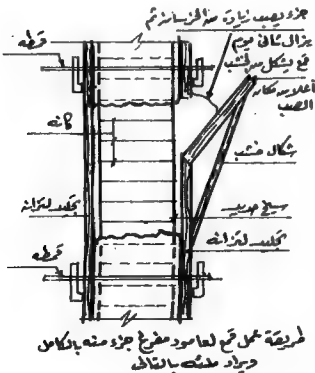
( ٧ ) شبكة التسليح : وتستعمل شبكة التسليح عند رش الأسطح بالخرسانة ، ومن ميزة هذه الشبكة أن تكون خفيفة لمقاومة الانكماش ، وتثبت على الأسطح المراد رشها وسلك النطاء الخرساني فوق هذه الشبكة يتراوح من ٢: ٥ سم ، ويمكن تخفيض النطاء إلى من ٥ سم إلى واحد سم أو كان المراد إضافة حديد إضافي لهذه الشبكة فيجب تحاشي رص الحديد بكثافة مما يؤدي إلى عدم وصول خرسانة الرش إلى سطح الخرسانة الذي ستلتصق معه أو عدم تغليفها لكل الأسياخ الحديد . وللحصول على سمك ثابت لطبقة الرش عند رش الأعمدة والكمرات يمكن استعمال عوارض خشبية مثبتة عند أركان العضو .



شكل يبين طريقة عمل شبكة خفيفة من الحديد لمقاومة الانكماش ورشها بالخرسانة

( ٩ ) تفريغ جزء من عמוד وإعادة صبه :

تعمل شدة خشبية ويعمل له قمع من أعلا بحيث يصب الجزء المفرغ ويزاد جزء أعلا من الصب من الخرسانة ثم يزال ثاني يوم كما في الرسم التالي .



( ٨ ) الحفن على الركام موضوع مسبقاً :

وتستعمل هذه الطريقة في إحدى الحالتين التاليتين :

( ١ ) الإصلاحات تحت الماء ويتم هذا بعد إزالة الجزء المعيب ثم عمل شدة وملئها بالركام تحت الماء ويتم الحفن بالمونة حيث تحمل المونة محل الماء الموجود داخل الشدة .

( ٢ ) استبدال جزء بالكامل من عמוד خرسانة حيث يمكن وضع الركام مسبقاً حيث يملأ الفراغ الناشئ عن قطع وإزالة الخرسانة وهذه الطريقة تتم بحيث تكون أجناب الشدة من أسفل صماء وتكون مخزومة من أعلا جزء بحيث يمكن حقن المونة من أسفل تحت ضغط ، وتسرّب المونة داخل الزلط المتساوي في الأحجام تقريباً حتى تظهر المونة من الخروم العلوية للشدة ، وبهذا نضمن أن المونة غلفت الزلط بالكامل .



## الباب السادس

## طرق الرمع وتقوية وعلاج العناصر الإنشائية المختلفة

في بعض الأحيان تكون العناصر الإنشائية بها أضرار إما بعضها أو كلها مجتمعة وهذه العناصر هي :

- أولاً : البلاطات  
ثانياً : الكمرات  
ثالثاً : الأعمدة  
رابعاً : الأساسات

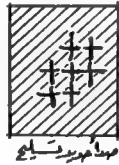
ويتم هذا الترتيب حسب أولويات التصميم حيث نبدأ بتصميم البلاطات ثم الكمرات ثم الأعمدة ثم الأساسات وسنبداً بشرح كل بند حسب هذا التسلسل .

### الفصل الأول تدعيم البلاطات

- ١ ( إضافة طبقة خرسانية أعلى البلاطة .
- ٢ ( إضافة طبقة خرسانية أسفل البلاطة .
- ٣ ( إضافة كمرات حديدية I.F.U أو كمرات خرسانية .
- ٤ ( إضافة تسليح شد .
- ٥ ( إضافة حائط حامل .
- ٦ ( تقوية البلاطات الكابولية .
- ٧ ( تقوية البلاطة في القص باستخدام ألواح الصلب ومسامير رأسية وستدرس كلاً منها على حدة والرسم التالي يبين جميع أنواع عيوب البلاطات .

### أعمال زائرة على البنية

### شكل يبين جميع أنواع عيوب البهروان



مراجعة كبريتات

تقوية قواطع

## ١ - إضافة طبقة خرسانية أعلا البلاطة :

تقريباً من محور التبادل حيث يقل تأثيره مع صعوبة صب هذه الطبقة وتنفذ هذه الطبقة بالطريقة الآتية :

( أ ) يزال الغطاء الخرساني وينظف حديد التسليح من الصدأ بواسطة فرشاة من السلك ، ويتم دهان سطح الحديد بمادة مانعة للصدأ .

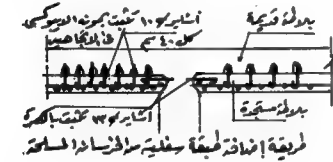
( ب ) توضع شبكة التسليح الجديدة وتثبت جيداً بأشبار رأسية تربط مع السقف القديم مع ملء الفراغ بمونة الإيوكسي ويتم دهان السطح بمادة تعمل على تماسك الخرسانة الجديدة والقديمة مع مراعاة عمل أشبار أقتية مع الكمرات كي يصبح الحمل الجديد موزعاً على الكمرات والبلاطات القديمة .

هذا الحل عندما يكون العزم الموجب غير آمن أو عندما يكون الحمل الميت dead load الذي سيم زيادته بإضافة الطبقة الجديدة ، تكون قيمته أصغر كثيراً من الأحمال الحية المحملة على البلاطة live load ومن ميزة هذا الحل أنه سهل جداً لعملية الصب والدمك ومقاومة العزوم السالبة المرتفعة ومن عيوبه هو إزالة الأرسنات فوق السقف المراد إصلاحه ويطلب هذا الحل ربط الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة لأن الطبقة الجديدة ستشكل حملاً جديداً على السقف المتصدع وعدم توفير الحماية المطلوبة لصب التسليح القديم وعدم القدرة على استبدال الحديد المعيب ويتم التنفيذ كالآتي :

( أ ) يتم إعداد السطح وزنوبه وتنظيفه جيداً .

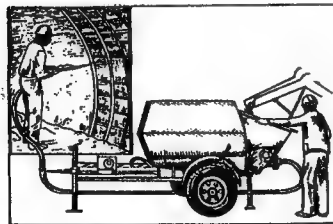
( ب ) إذا كان هذا السقف سيتحمل أحمال إضافية لبناء حوائط مثلاً فتشكل كمرات مدفونة بحيث لا يزيد ارتفاعها عن ١٥ سم وتربط هذه الكانات مع الحديد العلوي للكمرات القديمة ويصب السقف بسبك ٨ سم والزيادة في الكمرات وهو ٧ سم يكون ضمن ارتفاع ردم البلاط هذا في حالة إذا كانت هناك أحمال مستجدة وبهذا تظل الكمرات السفلية والبلاطات السفلية نظيفة من أي تكسرو ويجب الربط بين الخرسانة القديمة والحديد بمادة لاصقة توضع قبل الصب هذا بخلاف زيادة سطح التماسك بمسامير قص ( shear connectors ) إما بالدفع أو باستخدام مسدس خاص بذلك أو بعمل ثقوب عملاً بمادة لائحة وبها أشبار تربط مع شبكة البلاطة المستجدة بهذا يصبح السقف القديم والحديد يحملان كوحدة واحدة .

( ج ) في حالة ما إذا كان السقف لا يتحمل أحمال إضافية توضع شبكة تسليح خفيفة وهو الحد الأدنى اللازم للانكماش مع الربط مع السقف القديم بأحد الطرق المذكورة سابقاً ثم يتم صب الخرسانة مع الدمك جيداً .

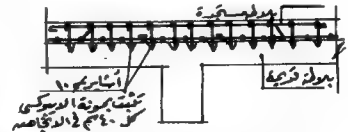


( ج ) تدفن الخرسانة بمادة إيوكسية لاصقة لائحة للخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة ثم يتم طرشة الخرسانة بروبة الجرانل بوند قبل تمام جفاف المادة اللاصقة .

( د ) يتم تغطية شبكة الحديد الجديدة بالتليس على عدة أيام مثل تغطية الشبك الممدد الخاص بأعمال البياض وهذه طريقة غير صالحة ، ولكن يجب استعمال طريقة الرش بالمفغ الخرساني على طبقات رقيقة وبذلك يمكن الحصول على تماسك تام بين الطبقة الجديدة والخرسانة القديمة مع مراعاة تحشين السطح القديم علماً بأن المدفع الخرساني هو عبارة عن خزان توضع به مواد الخرسانة من الزلط القوي مع الإضافات اللازمة وتوضع طلمبة خاصة مركب عليها خرطوم فنفخ الخرسانة جهة السقف وهذه الطريقة من أكفأ الطرق .



مدفع الخرسانة Shotcrete or cement gun



## ٢ - إضافة طبقة خرسانية أسفل البلاطة :

من مميزات هذه الطريقة أنها تتم بعدم ضرورة إخلاء الدور العلوي وتوفير الحماية المطلوبة لأسياخ التسليح ومن عيوبها أن الحديد الأصل لن يكون في ناحية الشد وإنما سيصبح في الوسط

المسببة للشروخ وجعل طبقة البلاطة المعرضة لإجهادات ضغط بدل إجهاد الشد وبذلك يمكن وقف هذه الشروخ عن طريق إزالة هذه الإجهادات .

وقوى الضغط المطلوبة يمكن أن تتم بطريقة **strengthening slab by poststressed reinforcement** a الذي ينشأ عن طريق شد القضبان وأسياخ التسليح ولكن المشكلة في تثبيت هذه القضبان وتثبيتها ، لأن التثبيت يجب أن يكون في جزء جاسيء ويتم ذلك بالتثبيت في البلاطة نفسها أو بعمل ثقوب ، والتثبيت في الكمرات المحيطة كما يجب الاحتفاظ من عدم انتشار الشروخ نتيجة تدمير الإجهادات في البلاطة وفي كلتا الحالتين يجب حساب الإجهادات التي ستولد في البلاطة نتيجة قوى الضغط وقوى التثبيت وهناك طريقة أخرى ، وهي ربط قضيب مسبق الإجهاد بين الكمرات التي تحمل البلاطة للمشروعة .



الشد في اتجاه البلاطة

#### ٥ ( عمل حائط تحت البلاطة :

يتم ذلك لتقليل البحر حيث يعود تقسيم البلاطة إلى عدة بلاطات ولا يكون هذا الحائط مؤثراً إلا إذا تم رفع البلاطة هيدروليكياً ثم يتم بناء الحائط بحيث يوفر الركيزة المطلوبة للبلاطة مع التشحيط بين البلاطة والحائط مع وضع تسليح علوى في البلاطة في الجزء الذي أضيف فيه الحائط لمقاومة عزوم الانحناء التي ستولد .

#### ٦ ( تقوية البلاطات الكابولية :

وتم هذه التقوية بإحدى الطرق الآتية :  
أولاً : بلكونة محملة على كوابيل وكمرات مقبولة ( هذا الخلل تم فعلاً ) .

ظروف هذه البلكونة كانت بالدور الخامس بمدينة نصر وبعد هذا الدور آخر الأتوار وحصل ثانی أيام الصب والشدة موجودة قام مقاول البلاط بتشوين طبقة رمل توضع تحت البلاط لا يقل على البلكونة عن ٥٠ سم لتخليق ميول البلاط لصرف مياه المطر وبعد خمسة أيام قطع قاموا بفك الشدة الخشبية وكان ذلك في سنة ١٩٧٥ وفي سنة ١٩٨٥ أراد المالك تغطية دورين فوق الخمسة أدوار السابقة وكانت الخمسة أدوار كلها مشغولة

هـ ( في حالة ما إذا تم عمل شدة تحت السقف بعد وضع الحديد فيتم عمل عزوم في السقف وتصب الخرسانة من مخروم السقف ويجب أن تكون الخرسانة ذات سيولة عالية بحيث يعمل المزاج إنخرسانی من هذه المزوم بالإضافة إلى استعمال هزاز شدة من الخارج ويجب التأكد من غلاء الخرسانة لكل الفراغ .

#### ٧ ( إضافة كمرات حديدية تحت البلاطة :

الهدف من وضع كمرات حديدية أسفل البلاطة هو تقليل البحر وتحویل البلاطة القديمة **two way slab** إلى **one way slab** ويمكن أيضاً في حالة علاج أى صدأ بالحديد وعلاج أى شروخ أو تشققات ويتم التنفيذ كالآتي :

أ ( يتم عمل فتحات في الكمرات الخرسانية في البحر الصغير ولا يتم ذلك إلا بعد صلب هذه الكمرات ثم يتم تنظيف هذه الفتحات مع إزالة جميع المواد المتبقية وفتات الخرسانة بملفع الرمل أو بالهواء المضغوط وبشرط أن تكون الفتحة أعلا حديد الشد بالكمرات المراد تكسوها .

ب ( يتم عمل شق طولي بمنشار الخرسانة في البلاطة حتى تصبح البلاطة مرتكزة ارتكازاً بسيطاً وليس مستمرة على الكمرات الحديدية .

ج ( يتم تجهيز الكمرات المطلوبة **U** أو **I** حسب الحالة ويتم دهانها بدهان مانع للصدأ أو الدهانات الإيبوكسية ثم يتم تثبيت الكمرات بمونة أسمنتية بلمورية أو بمونة لبوكسية ويجب أن تكون ملاصقة تماماً لسطح البلاطة السفلى وبفضل لحامها بالمونة الإيبوكسية لزيادة قوة الالتصاق بين البلاطة والكمرات الحديدية وقد يستدعي الأمر لحام نخوص حديد عمودية على الكمرات الحديدية .



شكل مبدئي لتسليح البلاطة

#### شكل مبدئي لتقوية البهرقات بإضافة كمرات حديدية

د ( نظراً لأن هذه الكمرات تشوه منظر الحجره فيجب تغطيتها بشبك ممدد ويتم زرع أشبار في مخروم السقف بمادة الإيبوكسي ويعلق الشبك للمدد بالطريقة العادية ثم يتم تسليخه ويرجع إلى باب أعمال البياض بالموسوعة الهندسية .

#### ٨ ( إضافة تسليح الشد : post tensioning :

تظهر شروخ الانحناء في البلاطة نتيجة لإجهاد الشد ويمكن غلق الشروخ بإضافة قوى ضغط كافية للتغلب على قوى الشد

جـ ( ) تم عمل شبكة من التسليح للبلاطة وامتدادها بمقدار ١,٥ م داخل الحجرة المجاورة بتسليح ٨φ٥ إلى الاتجاهين ثم تم تجليد جميع الكمرات المقلوبة وعند الصب بدأ بحوالى مترين من الكمرة مع وضع مادة الجبرال بوند على الكمرة القديمة مع ثنى الأسياخ المزروعة ليتم التماسك بين الكمرة القديمة والجديدة وبعد الانتهاء من المترين تم تنظيف البلاطة بطريقة الهواء المضغوط وثنى حديد الأسياخ على الشبكة الجديدة ووضع مادة الجبرال بوند وتم صب البلاطة بسبك ٧ سم أمام المترين ثم توالى الصب مترين للكمرات والبلاطة وهكذا مع إضافة مادة لتصل على تقليل الماء وسهولة التشغيل ينطبق عليها مواصفات A.S.T.M-C-494 type A.

د ( ) من المعروف أن البلاطة الضخمة حملت على البلاطة الجديدة والذي يحمل كل هذا الحمل الكمرات والكوابيل لأن أرضية البلكونة مصممة في الأصل على أنها بلاطة one way slab وليست cantiver slab .

بالسكان وعند نزع بلاط السطوح السابق والطبقة العازلة للرطوبة وطبقة خرسانة الميول للكونة من كسر طوب أحمر وجير وأسمنت ورمل ظهر شروخ في البلاطة من أعلا وترعيم في الكوابيل المقلوبة وبالتالي في الكمرات المحمولة على كوابيل الموضحة وكان لابد من الترميم لهذه الشروخ وعيئة البلكونة لتحتمل حملاً دون أن يشعر السكان بهذه الترميمات وبعد دراسة عدة حلول اقترح الحل الآتي :

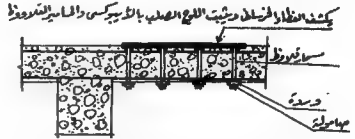
أ ( ) تقسيم الأرضية والكمرات المقلوبة إلى مربعات ٤٠×٤٠ سم بحمل تقوب في البلاطة القديمة بصق ٥ سم ولى الكمرات بصق ١٠ سم وتم زرع أسياخ بقطر ٨ مم في هذه الفجورم تثبت بمونة الإيوكسى بالإضافة إلى ١,٥م بطول البلكونة من الحجرات المجاورة وذلك كامتداد لأسياخ البلكونة وتم تقوية جميع الكمرات القديمة والبلاطة بإضافة كمرات وبلاطة جديدة .

ب ( ) تم تسليح جميع الكمرات ١٩φ٤ والكوابيل ثم حملت الكمرة ك ٩ والكابول ٢٤ على الأعمدة وربطت بالكمرات القديمة وارتفعت عن أرضية البلكونة حوالى ١٠ سم لأنها لو حملت على الأرضية فستؤثر على الكمرة ك ١ .



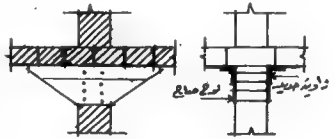






### طريقة تثبيت نوع صلب لحماية الفس في البورصة

ثانياً : طريقة نقل العزوم من بلاطة إلى عمود :  
يمكن وضع زوايا من الجانبين ولها تين الزاويتين امتداد بألواح من الصاج ملحومة بالزوايا ، وتثبت بواسطة مسامير فيشر ، وذلك حسب الرسم التالي .



### ترميم البورصة على العمود

## الفصل الثاني تدعيم الكمرات

تعتبر الكمرات من أهم العناصر الخرسانية الهامة حيث يستلزم الأمر أن يتم تقوية الكمرات إما نتيجة عدم أمان القطاع الخرساني أو عدم أمان وكفاية حديد التسليح أو زيادة الأحمال ، أو نتيجة صدأ سطحي أو صدأ في حديد التسليح الداخل أو بعدة أشياء أخرى وستذكر جميع الحالات التي يتم التدعيم من أجلها .

- ( ١ ) علاج صدأ الحديد السطحي .
- ( ٢ ) علاج صدأ حديد التسليح المؤثر على كفاية الكمرات أو زيادة حديد الشد .
- ( ٣ ) تقوية الكمرات بزيادة القطاع ( القمصان ) .
- ( ٤ ) إضافة طبقة جديدة من الخرسانة في منطقة الضغط .
- ( ٥ ) تقوية الكمرات بعمل شرائح حديدية .
- ( ٦ ) تقوية الكمرات مع البلاطة بواسطة الشرائح الحديدية .
- ( ٧ ) تقوية الكمرات بعمل قميص من علبه صاج .
- ( ٨ ) زيادة تسليح القص .
- ( ٩ ) إضافة قطاعات من الحديد .

- ( ١٠ ) استخدام الشد الخارجي .
- ( ١١ ) تقوية وعلاج الكمرات بتقليل البحر .
- ونشر كل بند على حدة :
- ( ١ ) علاج صدأ الحديد السطحي :

هذا النوع من العلاج لا يحتاج إلى حديد إضافي ويتبع الخطوات التالية :

( أ ) يتم صلب الكمرات إما بالقوائم المعدنية أو بواسطة عروق خشبية وألواح بونتي مع التشحيط وذلك لنقل الأحمال الواقعة على الكمرات ويراعى أن تكون القوائم مركزة على ألواح بونتي في حالة ما إذا كانت الأرض ردم ، وذلك لتفادي هبوط التربة أسفل الشدة أو على خرسانة عادية .

( ب ) يتم إزالة الغطاء الخرساني بمحصر ويعالج صدأ الحديد بعمل المنفرة اللازمة سواء بالفرشة السلوك العادية أو المركبة على شنيور أو بجهاز مدفع الرمل sand blast ثم دهان هذا الحديد بالإيبوكسي المحتوي على زنك أو دهان يحتوي على كروميد الزنك ، وذلك بغرض عدم انتقال الصدأ إلى الأجزاء الأخرى .

( ج ) يتم عمل طرشرة بمونة أميحية بربوة الجترال بوند السابق شرحها أو أى مواد بلورية رابطة Bonding agent لزيادة قوة الالتصاق والحام الخرسانة القديمة بالغطاء الخرساني الجديد .

( د ) يتم عمل الغطاء الخرساني الجديد بالمونة البوليمرية إما بطريقة التليش على دفعات أو بطريقة مدفع الخرسانة . Cement gun or shout crete

( ٢ ) علاج صدأ حديد التسليح الرئيسى المؤثر على الكمرات أو زيادة حديد التسليح الشد .

( أ ) يتم الصلب للكمرة كما في الفقرة من البند (١) وتغرم الكمرة تحت البلاطة كل ٢٥ سم وعمل شق في الخرسانة بعرض ٢×٢ سم في الأسطح الجانبية بكامل ارتفاع الكمرة ، ويكون الثقب بقطر ١٣ م ، ثم تملأ الخروم بمونة أميحية لتثبيت الكانات .

( ب ) تزال طبقة الخرسانة التي أسفل حديد التسليح وتظهر الحديد للتأكد من الحديد التالف ، وتزرع أشجار في الأعمدة بعمل تقوب في أماكن أشجار الحديد المستجد ، ويتم التقطيل والنظافة كما في البند (ب) السابق .

( ج ) يوضع الحديد الرئيسى المستجد ويربط في الأسياخ القديمة ثم تتركب الكانات وتقل بسلك رباط أو بفضل اللحام ، ثم تدهن الأسطح المكشوفة من الحديد بمادة إيبوكسية لاصقة .

( د ) يتم عمل طرشرة للحديد وإعادة الغطاء الخرساني كما

يتم عمل فرم حديدية أو خشبية ويتم تجهيز خرسانة مكونة من زلط فولى مع إضافات زيادة مقاومة الانضغاط لزيادة السيولة workability وتصب من أعلى الحزم بطريقة شدة القمع إذا كان المراد الجانبين والقاع فقط ، وتزال الزيادة في الخرسانة في اليوم التالى وإذا كان المراد زيادة التقطاع كله فيتم الصب عن طريق ضخات من أعلى البلاطة .

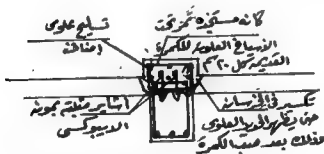
٤ ) إضافة طبقة جديدة في منطقة الضغط فقط :

وذلك بعمل طبقة جديدة أعلى الكعرة بها تسليح خفيف ويكون كافياً لمقاومة الانكماش وربطها بالخرسانة القديمة مع تنظيف السطح قبل الصب علماً بأن هذه الطبقة الجديدة لا تعمل مع الخرسانة القديمة كقطاع وأحد إلا في حالات نقل قوى القص بين السطحين مع مراعاة طريقة الصلب وكشف الغطاء الخرساني ودهان الحديد العلوي كما سبق شرحه وتستخدم عدة طرق لنقل قوى القص بين السطحين منها الآتي :

( أ ) باستخدام أربطة القص shear dowsels سواء على هيئة مسامير تدفع في الخرسانة القديمة عن طريق مسدس أو عن طريق كانتات مقفلة يتم ربطها مع الحديد العلوى للكمرة كل ٢٥ سم ، وعلى العموم يجب ألا تقل مساحة هذه الأربطة عن ١٥٪ من مساحة سطح الجانك في حالة السطح الخشن ، وألا تقل عن ٠,٤ ٪ من المساحة في حالة الخشونة المتوسطة .

( ب ) وضع حديد علوى بدون تحريم في الكمر كالرسم التالي .

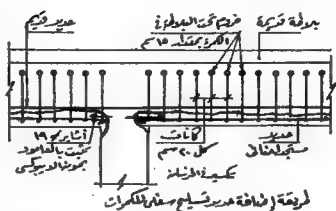
(ب) وضع حديد علوى بدون تخريم فى الكمر كالرسم  
التالى .



طريقة وضع مريد على برون تحميم في الكورة مع وضع  
الكائنات في يدية تحت اليد على الكورة الفوقية

في حالة عمل بلاطة وكمره مقلوبة بارتفاع ٢٥ سم لتغير  
المنى من سكنى إلى مدرسة كالرسم التالي .

في البند ج ، د ) من البند ( ١ ) .



( ٣ ) تقوية الكمثرات بزيادة القطاع الخرساني :

عند تقوية الكمثرى بزيادة القطع فلما أن تكون الزيادة في  
الارتفاع فقط أو الزيادة في الجانبين فقط أو من الأربعة أجناب ،  
وفي جميع الحالات هناك خطوات للتنفيذ مشتركة في جميع  
الحالات وهم :

أ) الصلب الجيد إما بالعروق والبطنى والتشحيط أو بقوام معدينة كما سبق شرحه ثم إزالة الغطاء الحرمانى وتنظيف حديد التسليح بالفرشاة السلك العادية أو المركبة على شئور أو بجهاز مدفع الرمل ثم دهان الحديد بالإيبوكسى أو بدهان يمتوى على كروميد الزنك الماتم للصدأ .

ب) في حالة الكمرات المطلوب زيادة عمقها فقط غمر الكمرة كل ٢٥ سم وتحت بلاطة السقف بقطر ١٣ م ، ويتجم في العمود أسفل الكمرة وتوضع أشواك تثبيت الأسياخ السفلية بأى عمق تراه مناسباً ويحفر في أجناب الكمرة بقطاع ٢ سم ٢ سم بوضع الكائنات في هذه الجارى وترتبط مع الأسياخ السفلية ، وذلك مثل الرسم السابق ثم الجانبي على الكانة التي سبق عمل جري لها حتى مستوى الكمرة بمونة أحسنة .

(ج) في حالة الكمثر المطلوب زيادة القطاع في الجانبين والقاع يتم عمل الكانات بالطريقة السابقة وتوضيح أنشأ في الجانبين في الأعمدة لزيادة الحديد من الجانب أيضا.

(د) في حالة الكمثر المطلوب زيادة القطاع من الأربع جهات فيخمر في السقف من الجانبيين كل ٢٥ سم ، وتركب الأسياخ السفلية في السقف والعلوية والجانبية ، ثم تركيب الكانات وتصب الخرسانة في هذه الحالة بحجم من السقف . وفي جميع الحالات يتم عمل طرطشة بموتة بنسبة أمخت عالية

مع مواد بوليمرية رابطة وقيل الطرطشة يتم دهان الحديد بالمهانات الإيوكسية أو رش هذه الأسياخ بالرمل الحرش في الحال وذلك لزيادة الترابط بين الحديد للدهون إيوكسي وبين المونة.

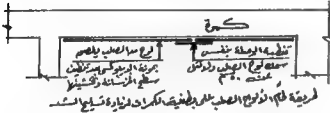
الألواح الحديدية في الأسطح الخرسانية باستعمال مسامير فيشر . ويجب أن تفوق قوة التصاق الألواح بالخرسانة مقاومة الخرسانة للقص ويستحسن استعمال مسامير صلب بقلووظ كل مسافة في حالة التثبيت بمواد اللصق تحسباً من خطر الحريق حيث من المعروف أن مادة اللصق عند درجة حرارة ٦٢٠ تصبح عديمة الجدوى .

( ٣ ) ويمكن تثبيت كميرات حديدية على شكل حرف [ في قاع الكمرة ولصقها بالإيبوكسي بعد تنظيف السطح جيداً وتثبيتها بالمسامير القلاووظ كما الشكل التالي .



طريقة وضع كمر حديدية على سطح الصلب

( ٤ ) يمكن تقوية الكميرات في منطقة الشد بواسطة ألواح الصلب فقط بدون مسامير فيشر بشرط النظافة الجيدة قبل لصق ألواح الصلب كما في الشكل التالي .

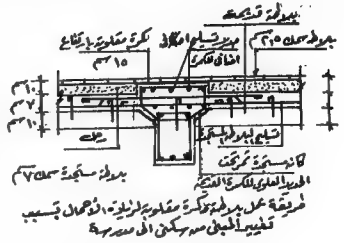
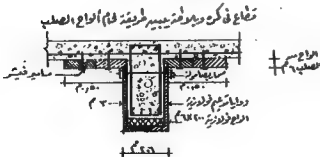


( ٦ ) تقوية الكميرات مع البلاطة بواسطة الشرائح الحديدية :

في حالة وجود شروخ بالكمر والبلاطة فينتج الآتي :  
( ١ ) ينظف السطح جيداً بالصفرة وتنظف الشروخ بالماء المضغوط .

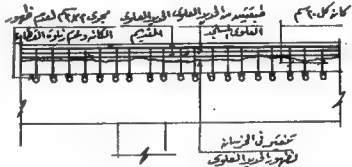
( ٢ ) يدهن سطح البلاطة والكمر بمادة الإيبوكسي الملء الشروخ لمنع وصول الرطوبة إلى حديد التسليح مع طلاء الألواح المستخدمة في التدعيم بمادة مقاومة للصدأ مع ربط زوايا التدعيم بمسامير قلاووظ

( ٣ ) يتم التنفيذ كما في الرسم التالي .



وفي جميع الحالات عمل عدة تنويات في الخرسانة القديمة وتكون هذه التنويات كافية لربط الخرسانة القديمة مع الجديدة مع دهان سطح الخرسانة القديمة بمادة تماسك قوى كالإيبوكسي مثلاً .

في حالة وضع أسياخ علوية مع عمل تنويات بالخرسانة وعمل شروخ في البلاطة وبالكمر كل ٢٥ سم مع عمل مجرى لوضع الكانة الجديدة ثم تبييض الكانة التي بالمجرى بمونة أسيمنتية كما في الشكل التالي .

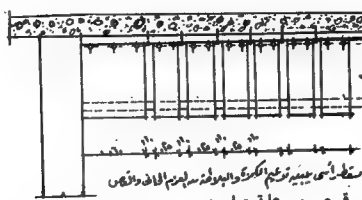


طريقة (مناصفة) من عاكس للكمر مع عمل مجرى ٢٥ سم للكانة  
( ٥ ) تقوية الكميرات بعمل شرائح حديدية أو كميرات مجرى :

عندما يكون المطلوب زيادة مقاومة القص shear strength وذلك عند قلة عدد الكانات أو ضعف قلة التسليح فإنه يتم تصميم أبعاد وتغانات من الألواح الحديدية المطلوبة لهذا الغرض وتصلح هذه الطريقة أيضاً عندما يكون هناك شروخ بالكمر وهذه التقوية تصلح في حالة عدم وجود صدأ في الحديد الأصلي وفيها يتم تثبيت ألواح الصلب على السطح الخرساني السفلي سواء بمسامير أو بطريقة اللصق وذلك بالطريقة الآتية :

( ١ ) يتم تنظيف وصدرة السطح الخرساني في منطقة الشد أي يطن الكمر .

( ٢ ) يتم دهان الأسطح الخرسانية قبل تثبيت الشرائح الحديدية بمادة إيبوكسية لاصقة وتوضع طبقة بسمك حوالي ٥ مم من المونة الإيبوكسية ومن المعروف أنه كلما قل سمك الشرائح وزاد عرضه وصدرة طبقة اللصق كلما كان ذلك أجدى ، ثم يتم تثبيت



#### ٨ ( زيادة تسليح القص :

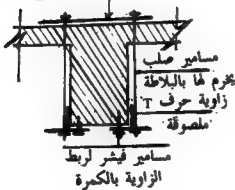
يمكن زيادة مقاومة القص والى بإحدى الطرق الآتية :  
( أ ) باستعمال اللحام أو عن طريق بلوكات التثبيت من الحديد أو الخرسانة ، وهى وضع بلوكات التثبيت أعلى وأسفل الكمرات في منطقة القص ، وتربط بلوكات التثبيت بمسامير من الصلب عالية المقاومة أو لصق ألواح من الصلب أعلا وأسفل الكمرات وربطها بكانات خارجية سابقة الإجهاد كما في الشكلين التاليين .



طرق مختلفة لزيادة تسليح القص عن طريق كانات خارجية وبلوكات تثبيت

( ب ) باستعمال ألواح علوية وزوايا سفلية حرف T ، ويتم تخريم البلاطة وربط الألواح العلوية أعلا البلاطة والزوايا أسفل الكمرات بمسامير من الصلب عالية المقاومة وربط الزوايا بمسامير فيشر بالكمرات كما في الشكل التالى .

لوح صلب ملصوق .



شكل يبين ربط البلاطة والكمرات بلوح الصلب والزوايا

( ٧ ) تقوية الكمرات بعمل قميص من علبه صاج :  
يتم تقوية الكمرات بعمل قميص من علبه صاج في حالة ما إذا كانت الكمرات بعرض ١٢ سم وأن التخريم في الكمرات كل ٢٥ سم أسفل البلاطة سيتسبب هذا التخريم في ضعف الكمرات فلا مانع من عمل قميص من الصاج سمك ٣ سم ، ويتم الخطوات كالتالى :

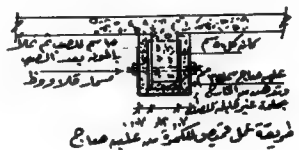
( ١ ) يتم نزع الغطاء الخرساني وينظف جيداً بأى طريقة من الطرق السابقة ثم يتم عمل خروم في الكمرات كل ٥٠ سم على الأقل تحت البلاطة ليتم عمل كانات لتساعد على الصاج على تحمل الخرسانة ، وذلك بعد صلب البلاطة المجاورة للعضو المراد تقويته .

( ٢ ) يخرم في الأعمدة وتوضع أسياخ ١٦ مم في وضع أقصى وتربط مع أسياخ التسليح الزيادة المراد تدعيم الكمرات بها ودهان الحديد بمادة مانعة للصدأ وتثبيت جميع الكانات والمسامير بمونة الإيبوكسى .

( ٣ ) يخرم في منتصف الكمرات مع تنفيذ نفس الخروم في العلبه الصاج لربط العلبه الصاج مع الكمرات بمسامير قلاووظ ١٦ مم كل متر .

( ٤ ) تركيب العلبه الصاج وتوريد أبعادها عن أبعاد الكمرات بمقدار ١٠ سم من كل جانب مع ترك من ١٥ إلى ٢٠ سم من أعلى لصب الخرسانة ثم تربط المسامير القلاووظ الأفقية في الخرسانة والعلبة كما في الشكل التالى .

يتم تجهيز الخرسانة بزلط فولى مع إضافة مادة زيادة السيولة وزيادة الانضغاط ويتم الصب من أعلا مع الدمك جيداً .



( ب ) ويمكن زيادة عمق الكمرات بوضع I أسفل الكمرات وربطها بمسامير قلاووظ تثبت في الخرسانة كما في الشكل التالي .



ويجب التشحيط جيداً على الكمرات الجديدة لتلتصق في الكمرات الخرسانية القديمة ، لأنه من المعروف أن هذه الأحمال في هذه الحالة منقولة وعملة على الكمرات الخرسانية والحديدية معاً .

#### ١٥ ( استخدام الشد الخارجي :

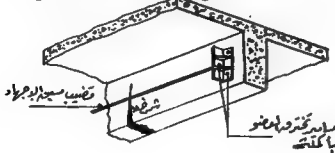
نظرية الشد الخارجي سبق وتكلمنا عنها في تدعيم البلاطات تحت بند - ٤ ( إضافة تسليح شد *tensioning* والنظرية واحدة وباختصار شديد أن استخدام الشد اللاصق يؤدي إلى استحداث قوى ضغط تعمل على تقليل إجهادات الانحناء في الكمرات ، ويترتب على ذلك زيادة قدرة الكمرات على تحمل الأحمال ، وكذلك زيادة قدرة الكمرات على تقليل الترخيم ، وهناك نظامان :

( أ ) في حالة عدم وجود مساحة كافية يمكن استعمال قطاعات خاصة من الصلب معدة لغرض التثبيت ، ونجربى حماية كابلات الشد اللاصق من الحريق والصدأ بإحدى الطرق السابق شرحها .

وهذا الحل له سلبياته وهي كما في الشكل التالي :

- حل غير مضمون في حالة التثبيت غير الجيد بنهايات التسليح المسبق-الإجهاد .
- إمكانية انتقال الشقوق إلى مكان آخر إذا لم يتم دراسة أثر الحل على المنشأ بحذر وعناية .
- عدم انتظام وتناسق أثر قوة الضغط على المقطع بكامله يؤثر على توزيع الإجهادات .

( ب ) في حالة وجود مساحة متاحة لتثبيت نهاية الكابلات يتبع النظام المتناسك مع الكمرات الأصلية كما في الشكل التالي :



( ج ) باستخدام ألواح من الصلب على جانبي الكمرات ولصقها وربطها بمسامير قلاووظ كما الشكل التالي .



شكل يبين طريقة لصق شرائع حديدية ومثبتة بمسامير قلاووظ على جانبي الكمرات

( د ) باستخدام قطاعات من الصلب ويتم بتخريم في البلاطة رأسياً ، وفي الكمرات أفقياً ، ويكون قطاع الصلب محرم بنفس الطريقة .

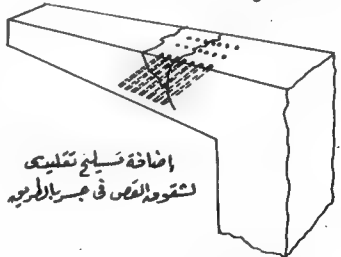
( هـ ) لإصلاح شقوق القص في جسور الطرق ونحوها يتبع الآتي :

١ - شد الشق بمادة مرنة *flexible sealant* .

٢ - عمل ثقوب عمودية تقريباً على اتجاه الشق بقطر حوالى ٢٠ مم .

٣ - يوضع أسياخ في الثقوب بقطر ١٢ ، ١٦ مم ويتمد لمسافة لا تقل عن ٤٥ سم كما بالشكل التالي .

٤ - يضغط بعد ذلك مادة الإيبوكسي داخل الثقوب تحت ضغط منخفض .



إضافة تسليح لتقليص شقوق القص في جسر الخربروب

٩ ( تقوية الكمرات الخرسانية بإضافة كمرات حديدية أو لزيادة عمقها .

( أ ) من أسرع الطرق وأكثرها حيث يتم تثبيت كمرات حديدية حرف [ أو U أو I بقطاع مناسب لبحر الكمرات ويتم عمل فتحات في الأعمدة وتثبت هذه الكمرات بالموونة الإيبوكسية أو بالموونة البوليمرية وفي هذه الحالة يجب أن يتم التثبيت الجيد بين الكمرات الحديدية والخرسانية ، وذلك بالموونة الإيبوكسية لضمان الالتصاق الجيد .

## ١ ( استبدال الجزء التالف من الغطاء الخرساني

وترميمه :

في حالة وجود تعشيش أو تطيل في الغطاء الخرساني وانفصاله كنتيجة صدأ الحديد بدرجة غير مؤثرة حيث لا يكون هناك حاجة ماسة لزيادة الأبعاد الخرسانية للعمود أو زيادة حديد التسليح فتتبع الخطوات التالية :

( أ ) يزال الغطاء الخرساني للعمود ويتم تنظيف حديد التسليح جيداً باستعمال فرشاة السلك العادية أو المركبة على شنور أو مسدس الرمل ، ويتم دهان حديد التسليح بمادة مانعة للصدأ كالإيبوكسي المحتوي على زنك أو دهان يحتوي على كروميد الزنك .

( ب ) يتم عمل طرشة بمونة أمتتية مضاف إليها مواد رابطة Bonding agent لزيادة قوة الالتصاق ولحام الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة .

( ج ) يتم عمل الغطاء الخرساني من خرسانة تتكون من الركام الرقيق الذي لا يزيد حجمه الأقصى لحبيباته عن ٥ م ، والرمل والأمتت بنسب عالية لا تقل عن ٤٠٠ كجم / م<sup>٣</sup> رمل مع إضافات زيادة سيولة .

( د ) في بعض الأحيان يتم عمل الغطاء الخرساني من المونة الأمتتية البوليمرية أو المونة الأمتتية البوليمرية المسلحة بألياف الفايبرجلاس أو المونة الإيبوكسية ، وذلك طبقاً للمتطلبات الإنشائية .

( هـ ) يجب استعمال جهاز مدفع الخرسانة .

## ٢ ( القمصان ( التغليف ) للأعمدة :

( أ ) التغليف ( القمصان ) للأعمدة من أنجح الطرق استخداماً في إصلاح الأعمدة وفي زيادة قدرتها على تحمل أحمال جديدة ، وفي منع حدوث تدهور جديد إذا كان الوسط المحيط ضاراً بالخرسانة أو حديد التسليح يعتبر بناء على ذلك علاجاً لما أصاب هذا العمود سواء الجزء الخرساني أو حديد التسليح بالعمود ، ولكي يستعيد العنصر الخرساني للعمود من هذا القميص يجب أن يتم تنفيذه بعناية ودقة فائقتين حيث يحاط العنصر الخرساني القديم بطبقة غير منفذة للرطوبة والسوائل الصادرة مما يوفر الحماية للعنصر .

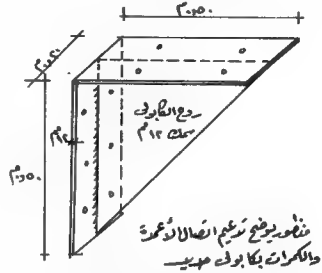
( ب ) رغم أن القميص يعمل على زيادة المساحة للقطاع العرضي وزيادة مساحة الصلب الرأسي في حالة حدوث صدأ للصلب الأصلي فهو يوفر ضغطاً جانبياً confinement عن طريق تسليح عرضي ( الكانات ) والقطاع الخرساني للعمود مما يؤدي إلى زيادة قدرة العمود الأصلي حتى وإن لم يزد قطعه .

( ج ) تستعمل الشدات الخشبية في كثير من الأحوال التي تتعرض للماء ، والشدات المعدنية هي شدات مؤقتة ، وتستعمل عندما يكون الصلب تحت الماء وتضع هذه الشدة بحيث يسهل

## ١١ ( تخفيض بحر الكمره :

( ١ ) يمكن تخفيض بحر الكمره بزيادة العمود من الجهتين .

( ٢ ) عمل كوابيل الحديد من صلب سمك ١٢ مم وله wep ويكون بعرض الكمره والجانبين بطول ٥٠ متر ، وفي هذه الحالة سينقل الحمل إلى العمود رأساً .



( ٣ ) عمل كوابيل من الخرسانة المسلحة وذلك بعد صلب الكمره جيداً وتثبيت أسياخ الكابولي جيداً مع العمود ومع الكمره .

## الفصل الثالث

## تقوية الأعمدة

## ترميم وتقوية الأعمدة الخرسانية :

يتم الترميم والتقوية للأعمدة في الحالات الآتية :

( ١ ) وجود شروخ بالعمود نتيجة انتفاخ الخرسانة أو تفاعل الركام الذي يحتوي على سيليكات مائية مع أنواع الأمتت التي تحتوي على نسبة عالية من القلويات ليكون مركبات سليسية تتمدد لتشكّل ضغط داخلي في الخرسانة تؤدي إلى تصدعها .

( ٢ ) وجود صدأ في حديد التسليح وتطيل في الغطاء الخرساني .

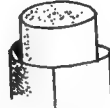
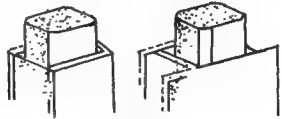
( ٣ ) قطاع غير كاف لتحمل الأحمال الواقعة عليه وكذا قدرة تحمل الخرسانة غير مطابقة للقيمة التصميمية .

( ٤ ) الرغبة في الامتداد الرأسي للمتشأ .

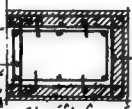
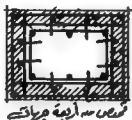
( ٥ ) وجود ميل في العمود أو هبوط في الأساسات أو وجود تعشيش مؤثر في خرسانة العمود وسنشر بعض الحالات التي يتم بها تقوية الأعمدة الخرسانية وترميمها وتتلخص في الآتي :



فكها وتزود بشرائح المطاط بحيث لا يحدث تسرب اللباني منها . بمادة حامية ضد الحريق والصدأ والأشكال التالية تبين عدة حالات لعمل القمصان .



جميع الأعمدة الإنشائية  
بمونة الإيوكسي وتحميم  
سطحها ودعانه بمادة زيادة  
التماسك



عمل قمصان حديدية مختلفة لأعمدة الخرسانية

( د ) في حالة الأعمدة الطرفية يمكن ملء القمصان ودمكه من الخارج بواسطة الحزازات الخارجية ( هزاز شدة ) حيث إن القمصان أعرض من العمود الأصلي .

( هـ ) في حالة الأعمدة الداخلية تملأ القمصان تماماً وعدم ترك فراغ من الخرسانة الجديدة والسقف القديم ويمكن أن يصب القمصان على محطات كلاً منها لا يزيد عن ١,٥ م في المحطة العليا يتم عمل فتحة في الشدة لصب الجزء العلوي من القمصان ، والأفضل عمل فتحة في السقف لصب المحطة العليا ودمكها منها حتى يمكن التأكد من عدم وجود فراغ بين السقف والقمصان .

( و ) أنواع القمصان أربعة حالات هي :

( ١ ) التغليف بالكامل ليست له مشاكل لا في طريقة الشدة ولا في توزيع الأحمال ، ولكن يجب زيادة عدد الكانات ، لأن زيادة الكانات يزيد من كفاءة القمصان ، ويمكن استعمال مسامير قص أو أساور تثبيت بمونة الإيوكسي .

( ٢ ) التغليف من جهتين أو ثلاث جهات فيستحسن ربط كانات القمصان بالحديد الرأسى للعمود الأصلي ، لأنه في حالة عدم الربط فيصبح هناك لا مركزية في الحمل على القطاع الجديد ، وتؤدي إلى حدوث عزوم وانفصال بين القمصان والعمود القديم ، ويجب زيادة الكانات في المنطقة العليا من العمود وهي مسافة تساوي ضعفين إلى أربعة أضعاف عرض العمود الأصلي . ويجب وضع مسامير القص أو أساور تثبيت بالإيوكسي .

( ٣ ) التغليف من جهة واحدة وهو نادر ، ولكن يجب دخول الكانة في كل الأركان للعمود القديم هنا بخلاف أساور تثبيت في الخرسانة القديمة بمونة الإيوكسي ، ويمكن ربط العمود القديم والجديد بمسامير قلاووظ بشرط أن تغلف هذه المسامير

ز ) يمكن حساب الزيادة في قدرة العمود على تحمل الأحمال نتيجة توفير الضغط الجانبي من المعادلة التالية .

الزيادة في الحمل =  $2,5 \times$  محيط العمود الأصلي  $\times$  سمك القمصان  $\times$  مقاومة الخرسانة لقمصان الشد .

( ح ) يمكن نقل العزوم من البلاطة أو الكمر إلى العمود باغذاذ الآتي :

( ١ ) إضافة أسياخ في العمود وتمتد في البلاطة عن طريق عمل فتحة بقطاع  $3 \times 3$  سم ثم تملأ بمونة الإيوكسي .

( ٢ ) يمكن تركيب زوايا من الحديد مثبتة في العمود أو البلاطة بمسامير قلاووظ أو بمسامير فيشر .

( ٣ ) طريقة عمل قمصان من الخرسانة المسلحة للأعمدة :

تعمد الحاجة للقمصان وأبعادها وتسلحها طبقاً للمتطلبات الإنشائية وتتيح الخطوات التالية وذلك بعد الصلب الجيد حول العمود :

( أ ) إزالة الغطاء الخرساني بحرص وحذر شديدتين ويفضل أن يتم ذلك يدوياً لمنع حدوث اهتزاز العمود ويتم تنظيف السطح الخرساني جيداً وتنظيف حديد التسليح جيداً بفرشاة سلك أو بجهاز sand blast الذي يتحتم على قذف الرمال لإزالة الصدأ والأجزاء الضعيفة في الخرسانة ثم يتم دهانه بالإيوكسي ويرش بالرمال النظيفة ليعمل على تماسك الخرسانة بالحديد عند الصلب .

ثم يتم تجليد الحطة التي تلي الحطة الأولى وهكذا حتى تصل إلى الحطة الأخيرة يمكن صبها من فتحة بالسقف .

( ٢ ) باستخدام مدفع الخرسانة *shout crete or cement gun* وهو عبارة عن خزان توضع به الخرسانة ويتم ضخها بمضخة خاصة موصل بها خرطوم ويتم توجيهها إلى مكان الصب ولا تستخدم لذلك أي فرم خشبية أو حديدية وتعطى نتائج جيدة وإجهادات عالية .

( ٣ ) يتم تقطيع العمود بالكامل ماعدا جنب واحد يجلد كل متر بعد صب المتر الأول ويجب أن تكون الخرسانة المستخدمة ذات سيولة عالية بإحدى مواد الإضافة *A.S.T.M-C-464 type(A)* .

#### ( ٤ ) القمصان الحديدية للأعمدة :

تستعمل هذه القمصان عندما تكون هناك الحاجة لترميم العمود وزيادة أحماله وفي نفس الوقت لا يكون مسموحاً بزيادة أبعاده ، ويتم تنفيذ هذا العمود حسب الخطوات التالية :

( أ ) إزالة الغطاء الخرساني ، وينظف حديد التسليح بإحدى الطرق السابق ذكرها ويتم دهان حديد التسليح بمادة مانعة للصدأ .

( ب ) يتم تركيب القمصان الحديدية بالأبعاد المطلوبة حسب التصميم مع عمل فتحات لصب المونة الإيوكسية اللاصقة بين العمود الخرساني والقمصان الحديدية ثم يتم ملء بين العمود الخرساني والقمصان الحديدية باستعمال مونة إيوكسية .

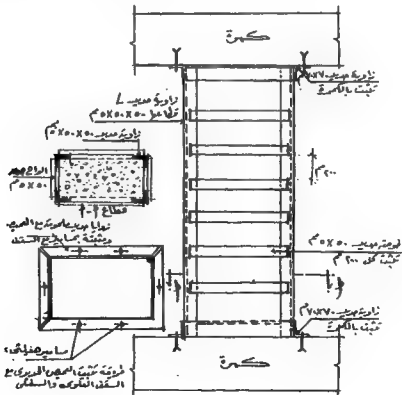
( ب ) زرع الأشبار لربط الكانات المستجدة للقميص في الانجامين الأقوى والرأسي بمسافات لا تزيد عن ٥٠ سم وتزرع هذه الأشبار بواسطة عمل ثقوب تزيد عن قطر الحديد المستعمل من ٤:٣ مم وبعمق كاف لتثبيت الأشبار وعادة يتراوح هذا العمق من ١٥:١٠ سم ثم توضع مادة إيوكسية ذات لزوجة منخفضة ( أي إيوكسي مخفف بالنتر ) وذلك لنظافة الخرم من أي رايش أو فتات خرسانة ثم تملأ الثقوب بمونة إيوكسية ثم توضع الأشبار في الثقوب .

( ج ) يتم زرع الحديد الرأسي بالقاعدة الخرسانية أو الميدات أو الكمرات ويتم تكسير هذه الفتحات بحرص ثم تنظف جيداً وتملأ بالمونة الإيوكسية كالسابق .

( د ) يتم تركيب الحديد الرأسي والكانات المستجدة للقميص حسب التصميم المطلوب .

( هـ ) يتم طرشة العمود بمونة طرشة بنسبة أمنت عالية وليكن  $\frac{4}{100}$  م<sup>٣</sup> مع إضافة مواد رابطة بولمرية لهذه المونة . ( و ) يتم تجهيز مونة صب الخرسانة حسب طريقة الصب على أن يتم عمل خلطة تصميمية لذلك *mix design* ويتم توفير زلط فول من ٥،٥ مم إلى ١٠،٢:١ سم مع إضافة مواد زيادة السيولة للخرسانة وزيادة الإجهاد وطريقة الصب هي :

( ١ ) باستخدام فرم خشبية أو حديدية بنظام الحطاط أي يتم تجليد العمود كل مسافة قدرها ١-٢م ويتم الصب والدعم جيداً



طريقة عمل ترميم عمودك للأعمدة

٥ ( الأسباب التي أدت إلى تصدع العמוד الذي بالصورة التالية :  
أولاً : سوء التنفيذ .

انتفاخ في بعض الأمكنة وضيق في الأمكنة الملتصق بها الكانات .

### ثانياً : زيادة الأحمال

ظروف هذا المبنى أنه مصمم على أنه لا يتحمل أكثر من خمسة أدوار ولكن للجشع زيد على هذا المبنى أربعة أدوار دون عدم زيادة قطاعات الأعمدة .

لهذه الظروف السابق شرحها تم الصلب حول جميع الأعمدة التي بالدور الأرضي وتم تنظيفها كما بالصورة ويتم التقوية كالآتي :

- أ - زرع أشابر بمونة الإيوكسي .
- ب - زيادة تسليح الأعمدة بتصميم جديد مع عمل كانات حول العמוד مباشرة و كانات أخرى حول المحيط الخارجي للحديد الرأسى المستجد .
- ج - يتم الصلب على خطوات كما في البند (٣) طريقة عمل قميص من الخرسانة المسلحة .

- ١ - عدم انتظام الكانات .
- أ - يلاحظ بأسفل العמוד حوالى أربعة كانات ملتصقات ببعضها وليس هناك مسافات بين هذه الكانات .
- ب - بعد هذه الكانات يوجد كاتنان فقط للمسافة بين الكانة والأخرى لا يقل عن ٤٠ سم .
- ج - يلاحظ بعد هاتين الكانتين أربعة كانات أخرى ملتصقة وليس هناك مسافة بين الكانة والأخرى .
- د - يلاحظ بعد ذلك وجود ثلاثة كانات لا تقل المسافة بين كل منها عن ٣٠ سم .
- هـ - نلاحظ بعد ذلك عدة كانات ملتصقة وهكذا إلى باقي العמוד .

و - نظراً لعدم انتظام الكانات التي يجب أن تكون المسافة بينها لا تزيد عن ٢٠ سم بأى حال وذلك ظهر لهذا العמוד



## مثال رقم (١) يشمل البلاطات والكمرات والأعمدة

هذا المثال قام به أحد الأساتذة الإنشائيين وسنختصر ما هي الخطوات التي تمت وما الغرض من إصلاح هذا المبنى المقام بمنطقة الحرم .

هذا المبنى مكون من دورين وبعد الانتهاء من تشطيبه بالكامل بفترة قصيرة ظهرت علامات التصدع والتشقق في الأعمدة والكمرات والبلاطات وقد بدأت الدراسة وظهر أنه ليس هناك عيب في التصميمات الإنشائية ولا مياه الخلط ولا في نسب الأمتن رغم صدا صلب التسليح المستخدم ولكن وجد أن الخرسانة المتفردة تحوى على نسبة عالية من أيونات الكلوريدات والتي ظهرت في الركام المستخدم والذي يزيد عن المسموح به طبقاً للمواصفات مما نتج عنه صدا الحديد المستخدم في التسليح وكان هذا السبب المباشر في ظهور الشروخ وقد أمكن ترميم المبنى بالكامل حسب الخطوات التالية :

## خطوات تنفيذ تدعيم البلاطات الخرسانية للأسقف :

تم البدء في تدعيم آخر دور أولاً ثم الأدوار الأخرى التي تليه حيث تم التنفيذ طبقاً للخطوات الآتية :

( ١ ) لإزالة طبقة البياض حتى يتم ظهور حديد تسليح البلاطات تماماً مع إزالة الرايش والمتشم .  
( ٢ ) صلب البلاطات بعروق خشب .

( ٣ ) زرع أشبار من حديد تسليح ٨ م بطول ٦ سم باستخدام ثاقب كهربائى ( شنبور ) مع تثبيتها بمونة إيبوكسية مع دهانها بمادة إيبوكسية لاصقة حيث يتم زرع الأشبار بكامل سطح البلاطات كل حوالى ٦٠ متر في الاتجاهين ، والغرض من زرع الأشبار هو تثبيت شبكة حديد التسليح الإضافى مع دخول أسياخ الشبكة الجديدة في الكمرات المجاورة بقدر الإمكان كما في الشكل التالى .

## ( ٦ ) زيادة أحمال الأعمدة في حالة عدم وجود أى

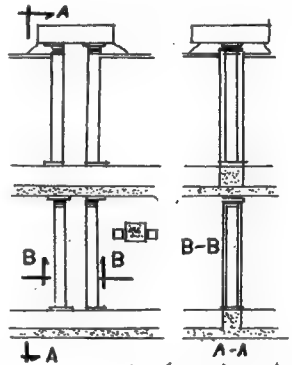
عيوب ظاهرة في خرسانة العמוד :

( أ ) يتم عمل أشبار فقط في العמוד بدون إزالة الغطاء الخرساني .

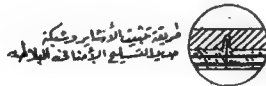
( ب ) تتم جميع المراحل السابقة في البند الثالث ، طريقة عمل خرسانة الأعمدة .

## ( ٧ ) طريقة رفع وصلب أحد الأعمدة المتهاجرة تمهيداً لإصلاحه :

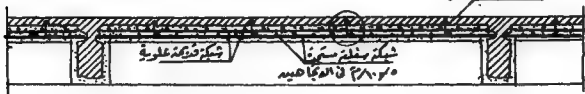
في حالة ما إذا وجد العמוד متهاجراً ، ويجب إزالته قبل أى عمل أو تكسى ؛ يجب صلب الأعمدة والرسم التالى يبين قطاع رأس وقطاع أفقى لطريقة الصلب .



طريقة رفع وصلب أحد الأعمدة المتهاجرة تمهيداً لإصلاحه



أشبار ٨ م في الاتجاهين



ثم تكرار تنفيذ الخطوات السابقة على جميع بلاطات المبنى مع مراعاة الاتصال بين البلاطات والكمرات حسب ما سيتم شرحه في تدعيم الكمرات ومع عدم تلاصق حديد البلاطات القديم أو الإضافي مع الخرسانة القديمة وأن يكون عاكساً تماماً بالمونة الأسمنتية الإيوكسية .

#### خطوات تنفيذ تدعيم الكمرات :

يتم تدعيم الكمرات في نفس وقت تدعيم البلاطات وذلك كما هو موضح بالأشكال التالية وحسب الخطوات التالية :

( ١ ) صلب البلاطات المتصلة بالكمرات المطلوب تدعيمها وكذلك صلب الكمرات .

( ٢ ) إزالة طبقة البياض لكل كمرية حتى يظهر حديد التسليح السفلي والكانات لكمرات أسقف الدور الأرضي والأول ( كما بالشكل التالي ) أما في كمرات سقف الدور الأخير فيلزم الكشف على حديد التسليح العلوي وتكسور جزء من البلاطة المتصلة بالكمرية كما في الشكل التالي .

( ٣ ) إزالة صدأ حديد التسليح للكمرية تماماً باستخدام الفرشة السلك مع إضافة كانات على شكل □ لكمرات سقف الدور الأرضي والأول وقد تم تخريم الكمرية بقطر ١٣ مم كل ٢٥ سم تحت البلاطة مباشرة وتم ملء هذه الأخرام بمونة إيوكسية بحيث تدخل كانة بالكامل في هذه الحزوم بحيث تكون الكانة بالكامل داخل مونة الإيوكسية ولا تلمس الخرسانة مع عمل خروم أفقية بالعمود وتثبيت أشبار ليروبط فيها أشبار الحديد المستجد السفلي كما في الشكل التالي .

( ٤ ) تنظيف حديد التسليح المنفذ من الصدأ الذي لحق به باستخدام فرشاة سلك وقد تم إزالة الصدأ تماماً بكامل مسطح البلاطة وإزالة الحديد التالف نتيجة الصدأ مع استعمال صنفرة رملية لتنظيف الأسطح من الحبيبات الدقيقة ويمكن استخدام هواء أو ماء مضغوط لذات الغرض وبالكشف عن الشروخ .

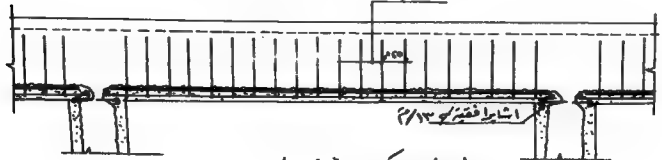
( ٥ ) دهان الحديد المتبقى بعد إزالة الصدأ وكذلك شبكة التسليح الإضافية بمادة إيوكسية مانعة لصدأ الحديد في المستقبل ويرش الحديد المدهون بالرميل قبل تمام جفاف المادة الإيوكسية لتكوين سطح خشن .

( ٦ ) تدعيم مسطح البلاطات بمادة لاصقة بين الخرسانة القديمة وطبقة البياض الجديدة معاً بمادة بلمورية ثم يصور تنفيذ طرطشة من الرمل والأسمنت بنسبة ١:١ لزيادة التماسك .

( ٧ ) يتم تنفيذ طبقة البياض ( تليس ) بمونة أسمنتية إيوكسية مقاومة للشروخ مكونة من :

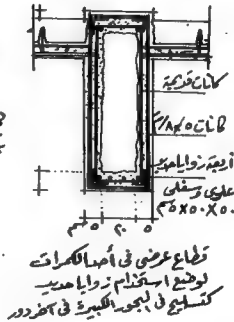
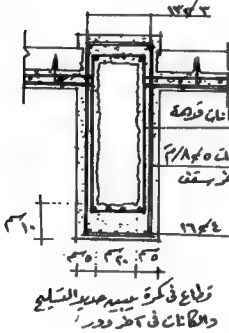
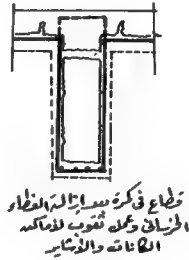
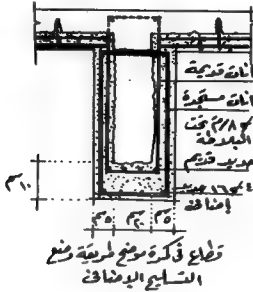
٣١ رمل نظيف : ٣٥٠ كجم  
أسمنت بورتلاندى عادى : ٣٠ كجم  
أديونيد : ٦ كجم  
أديكريت مبطىء للشك على أن يتم التنفيذ على طبقات كل طبقة ٢ سم كما في الشكل السابق والذي يوضح الأشبار المزروعة وكذلك يوضح حديد التسليح الذى تم تنظيفه كما يوضح شبكة حديد التسليح الإضافية التى تم تثبيتها بالأشبار وكذلك الكمرات الحاملة للبلاطات ويلزم اتباع التعليمات الخاصة بالمواد الإيوكسية المستخدمة والصادرة من أماكن تصنيعها .

شكل ٨ / م / يثبتها بكامر عرسية كمرية تحت جدران القف



فطاع طولي في كمرية بعد ترميمها

أما عن كمرات الدور العلوى مع السقف فقد وضعت الكمرات في الكمرة بكامل قطاعها مع وضع حديد تسليح إضافي المؤثرة عليها ويمكن استخلام زوايا حديد على شكل 1 والأشكال الأربعة التالية تبين هذه المراحل .



وعلى ألا يلامس الخرسانة القديمة المحتوية على نسبة عالية من أيونات الكلوريدات والتي تسبب صدأ حديد التسليح .  
( ٧ ) ثم تكرر الخطوات السابقة حتى يتم الانتهاء من تدعيم جميع الكمرات مع مراعاة دقة الربط بين حديد التسليح الإضافي والبلاطات والكمرات كما هو موضح بالأشكال السابقة مع الأخذ في الاعتبار عدم تلاصق حديد التسليح القديم أو الإضافي مع الخرسانة القديمة .

( ٤ ) دهان حديد التسليح بمادة إيبوكسية مائنة لصدا الحديد مع رش الحديد المدهون بالزمل قبل تمام جفاف المادة لتكوين طبقة خشنة تساعد على التصاق المونة التصاقاً جيداً .  
( ٥ ) دهان سطح الكمرة بالكامل بمادة لاصقة بين الخرسانة القديمة والمونة الجديدة .  
( ٦ ) يتم تنفيذ طبقة المونة الأسمتية ( مثل البلاطات ) على طبقات حتى يتم عمل غطاء لحديد التسليح لا يقل عن ٢ سم مع مراعاة أن يكون حديد التسليح عاطلاً بالمونة الأسمتية تماماً

### خطوات تنفيذ تدعيم الأعمدة :

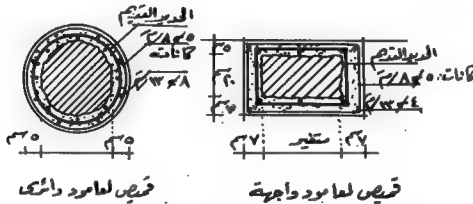
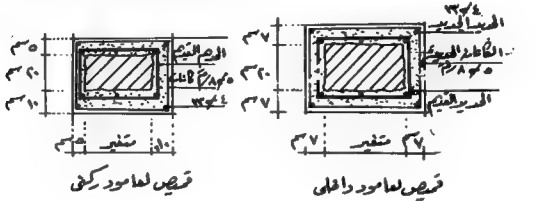
تم تدعيم أثناء صب الكمرات المتصلة بالعمود المطلوب تدعيمه وذلك طبقاً للخطوات الآتية :

١ ( إزالة طبقة يابض على أسطح العمود وحتى يظهر حديد التسليح الطويل والكانات تماماً .

٢ ( تنظيف صدى الحديد بفرشة سلك تماماً مع إزالة الرايش

والتيهشم من الخرسانة مع استعمال صنفرة رملية للتنظيف مع زرع أشاير من الحديد تثبت بالإيبوكسى كل ٥ سم لتربط الحديد المستجد .

٣ ( إضافة حديد التسليح الرأسى مع كانات جديدة حسب شكل وموضع العمود لتنفيذ قميص كما بالشكل التالى والذى يوضح تدعيم عمود داخلى وعمود فى ركن المنشأ وعمود على الواجهة وكذلك عمود دائرى .



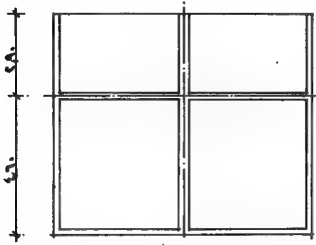
البنى إلى شكله الجمالى بعد ترميمه بدهانه بالكامل ، هذا وتم إجراء الكشف على الأساسات ، وتم التأكد من خلوها من الكلوريدات الزائدة عن المسموح به ، ولم يظهر صدى لحديد التسليح حيث تم استعمال ركام فى بداية التنفيذ لا يحتوى على نسبة عالية من الكلوريدات ، والرسم التالى يبين قطاع رأسى فى عمود داخلى واتصاله بالبلاطات والكمرات .

٤ ( تم دهان حديد التسليح بمادة لحماية حديد التسليح من الصدأ مع الرش برمل ثم دهان أسطح العمود بمادة للصلق الخرسانة المستجدة للقميص مع الخرسانة القديمة .

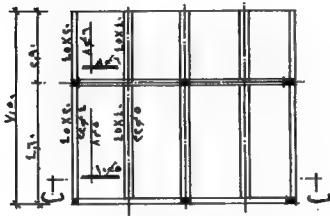
٥ ( والدهان السابق طرى ينفذ طرشرة ثقيلة من الرمل والأمسنت بنسبة ١:١ .

٦ ( تم تنفيذ قميصان للأعمدة من الخرسانة باستخدام زلط رقيق للأعمدة الداخلية ، وقد تم ( التليس ) باستخدام مونة أمستية لبعض أوجه الأعمدة فى الأركان أو على الواجهة للحفاظ على الشكل النهائى للواجهات المعمارية وبسلك ٥ سم مع إحاطة حديد التسليح بخرسانة القمصان أو المونة إحاطة تامة لمنع تلامسه مع الخرسانة القديمة .

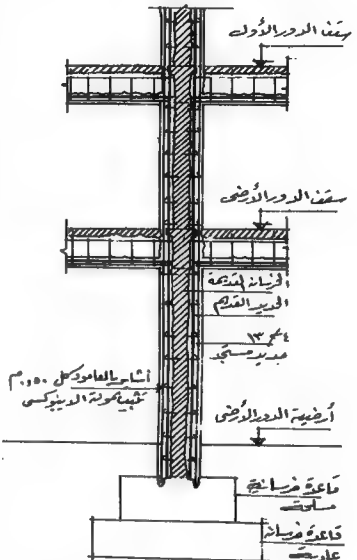
٧ ( تم تكرار الخطوات السابقة لجميع أعمدة المبنى ، وتم استعمال المبنى بأمان تام بعد الانتهاء من أعمال الترميم وأعيد



مستطد أفقي  
بيمين الموائط الحاملة والسقف بين القديم



مستطد أفقي  
بيمين سقف وكرات الصالة الرئيسية بين القديم



## قطاع أسي لتدعيم عامود داخلي واتصاله بالكرات مثال رقم (٧) لتغير النظام الإنشائي للعناصر الحاملة للمنشأ

معظم المباني الحالية تنشأ بنظام الهيكل المكون من أعمدة وكرات وأسقف، ولكن توجد بعض المباني ذات الحوائط الحاملة، وفي بعض الأحيان تزال بعض هذه الحوائط الحاملة خصوصاً في الأدوار السفلية لعمل علات تجارية، أو لتحسين التقسيم المعماري، وهذه الإزالة تؤثر تأثيراً ضاراً، وتؤدي إلى تصدعات، وفي بعض الأحيان إلى انهيار البنى.

❖ مبنى المطلوب به تغيير النظام المعماري بإزالة الحوائط الحاملة للأسقف لإنشاء صالة استقبال (٩,٢×٧,٥ م) كما في الشكل التالى، والمراد إنشاء هيكل خرساني يتكون من بلاطة وكرات وأعمدة وقواعد جديدة.

ونظراً لعدم توفر الرسومات الإنشائية لمعرفة صلب التسليح بالبلاطات، فقد تم اختيار أنسب الأماكن لإنشاء الأعمدة حتى لا تعوق استخدام الصالة، وبناءً على ذلك كانت خطوات العلاج كالتالي:

(أ) جرى تصميم السقف الجديد طبقاً للكود المصرى لتصميم الخرسانة بسمك ٨ سم ومركز مباشرة على الكمرات الجديدة وعلى ألا يزيد عمق الكمرات بوسط الصالة عن ٤٥ سم لإنشاء السقف المستعار، وذلك لعدم ظهور سقوط الكمرات بشكل يشوه الصالة.

(ب) صلب السقف القديم للصالة والمجرات المجاورة لها وبشدة ملاصقة تماماً له فيما عدا أماكن الكمرات المستحقة.

(ج) تم تفريغ خرسانة السقف القديم لأماكن الجسور





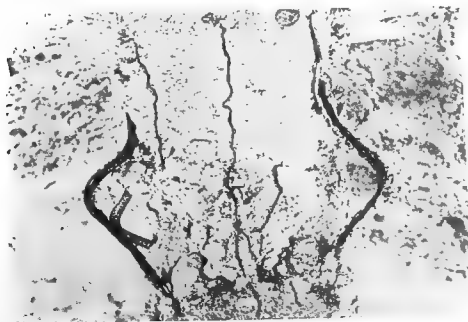
## مجموعة من الأعمدة حدث لها عيوب التي بسببها حدث التصدع



تصدع بعמוד خرسالي لتخزين سماد  
كيماوى بجواره

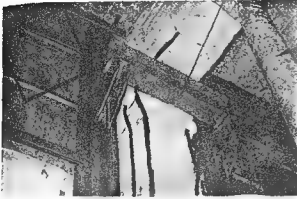


تصدع وتآكل بعמוד بمحطة تحلية مياه  
البحر

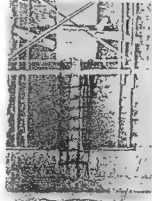


تصدع عامود بيدروم بسبب تعرضه لمياه كبريتية

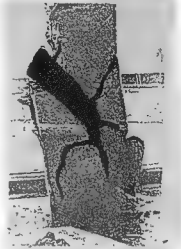
## مجموعة من الأعمدة حدث بها عيوب التي يسببها حدث الصدع



شكل يبين صلب عامود طرقى لتدعيمه



شكل يبين شدة لتدعيم  
عامود لعمل قميص  
خرسانة حوله



شكل يبين انبار لقوى  
القص لأحد الأعمدة  
نتيجة زلزال فرانيسكو



شكل يبين انفتاح حديد التسليح بسبب  
عدم قدرته على تحمل الأحمال الواقعة  
عليه بالإضافة إلى تعرضه لمياه كبريتية من أسفل

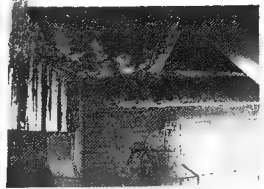


مخزن زراعى لتخزين السماد وقد تأثر العامود  
بكيماويات الأسمدة ومدى الإهمال  
فى عدم تعبئة الأسمدة فى أجولة

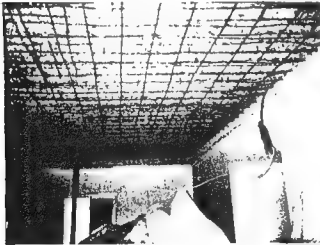
## مجموعة من البلاطات والكمرات والعيوب التي بسببها حدث التصدع



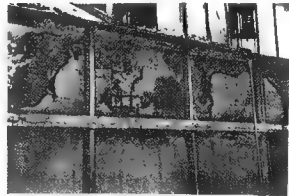
سقف خزان به مياه ولم يم له الحماية الكافية فبدأت  
الخرسانة تتحلل وبالتالي صدأ الحديد



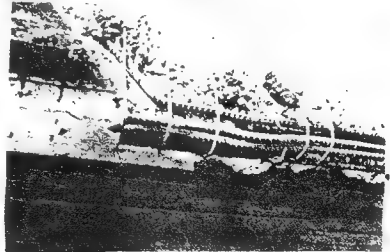
كمرات بمصنع به أبخرة كيماوية  
فتحللت الخرسانة نتيجة عدم  
حمايتها ضد هذه الأبخرة



سقف خرساني تم إزالة الغطاء الخرساني  
بسبب وجود مواد كلورية بالزلط وينظف لوضع  
سقف آخر أسفله بشبكة من الحديد مع ربطه  
بأشواير في السقف القديم



حائط خرساني مسلح تحللت الخرسانة  
بسبب أبخرة كيماوية



سقوط الغطاء الخرساني لهذه الكمرة بسبب عدم وجود  
غطاء كافٍ لحماية الحديد



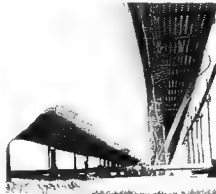
نظافة لعمود لعمل قميص له



غازات وأبخرة كيميائية أثرت على الغطاء الخرساني فسيبت في سقوطها وصدأ الحديد



تساقط الخرسانة لضعف المونة



طريقة تدعيم كوبرى لصدا الحديد به



طريقة عمل شدة لتدعيم عامود



## الفصل الرابع

### الأساسات

#### د - تأسيس مبنى ثانوى بتأسياس مبنى رئيسى :

إن إزادة مبنى ثانوى ملاصق لمبنى رئيسى يعرض منطقة التلاصق إلى التصدع بسبب القيمة الكبيرة للهبوط الكلى للمبنى الرئيسى ، كما فى الشكل التالى بغض النظر عن نوع الأساس المستخدم ، والحل هو اعتماد فاصل هبوط بين المبنى والعمل على جعل فرق هبوطهما مقبولا إذا كان ذلك ضروريا .



مرفق هذا الشكل يظهر تأسيس مبنى ثانوى  
مدمجاً لمبنى رئيسى

#### هـ - جمع أنواع مختلفة من الأساسات وتأسيسها على

مناسيب مختلفة :

إن الاختلاف فى السلوكية الميكانيكية للأساسات ينتج عنه فرق فى الهبوط ويزيد فى هذا الفرق :

\* تأسيس أنواع مختلفة من الأساسات على مناسيب مختلفة من طبقة واحدة كما فى الشكل التالى :

\* تأسيس أنواع مختلفة من الأساسات على مناسيب مختلفة وعلى طبقات مختلفة .



مرفق هذا الشكل يبين مبنى مدمجاً لمبنى رئيسى على  
تربة متغيرة نوعاً عن منطقة المبنى الثانوى  
كثيراً على تربة رطبة ورطبة

#### ٢ - عيب فى تربة التأسيس :

تعتبر الدراسات الجغرافية على موقع المشروع وفق النظم العالمية بمثابة الدراسات الأولية حيث إن إجراء دراسة تعطى فكرة دقيقة عن الواقع الجيوكتيكي للموقع أمر شبه مستحيل نظراً لتكلفته العالية التى قد تتجاوز حدود المنطق وبناء على ما تقدم فإن الدراسة الأولية قد تكون عاجزة عن معرفة عيوب جيوتكتيكية كثيرة أهمها :

#### أ - وجود طبقة تربة ضعيفة :

إن عدد الجسات التى تفرضها الأنظمة للدراسة الجيوكتيكية للموقع قد لا تكشف عن وجود طبقات للتربة ضعيفة متواجدة

أولاً : الأسباب الجيوكتيكية لتصدع المنشآت :  
قبل أن نبدأ فى دراسة الأساسات يجب أن تلقى الضوء على الأسباب الجيوكتيكية لتصدع المنشآت وذلك نتيجة تعرض للأساسات لهبوط غير منظم .

وذلك بسبب نقص فى الدراسات الخاصة بميكانيكا التربة ووقع المبنى ، وخطأ فى تطبيق الأحوال على تربة الأساسات وجود مؤثرات خارجية على الأساسات وترتيبها وخطأ فى تنفيذ الأساسات أو تصميمها الإنشائى أو ميكانيكا التربة ، ويجب الأخذ فى الاعتبار بكل هذه المشاكل وغيرها التى سببها الإهمال فى دراسة الأساسات ونوجز منها ما يلى :

#### ١ - خطأ فى تطبيق الأحوال على تربة الأساسات :

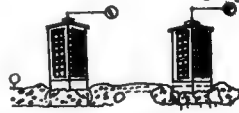
أ - عدم تناسب عرض الأساسات مع حمولتها :  
لا يكتفى بأن تصمم مساحة أساسات مبنى بشكل متناسب مع حمولته ، بل يجب أن يكون عرض الأساس متناسباً أيضاً مع حمولته ، وهذا ما تؤكد لنا المعادلات العامة لحساب تحمل التربة تحت الأساس .

ب - عدم تنفيذ الأساسات بالعمق المطلوب ، يؤدي إلى التأسيس على طبقات ذات سماكة قليلة مما قد يعرض المنشأ للانهدام كما فى الشكل التالى :



البناء مبني على تربة رطبة رطبة  
قليل ويبس على الجهد على طبيعة  
الفرجة الضعيفة

ج - عدم دراسة التربة الضعيفة جيداً حيث إن الخطأ فى تقدير الهبوط أو فى درجة تجانس التربة يعرض المنشأ للخطر كما فى الشكل التالى :



تعتبر الهبوطات غير المتوقعة التربة وتجاويزها  
وعدم تناسب المبنى مع الأساسات (١) منطقة  
الفرجة الضعيفة (١)

داخل طبقة التأسيس مما قد يعرض المبنى للتشقق نتيجة هبوط تفاضلي كبير .

هـ ( عدم الوصول إلى العمق المطلوب :  
إن عدم التنفيذ لصنع المطلوب يؤدي إلى التأسيس على طبقات ذات سماكة قليلة مما قد يعرض المنشأ للانهيار وإذا تم هذا فيجب أن يكون التصميم على الطبقة الضعيفة السفلية .  
و ) يجب الدقة وعدم الخطأ في تقدير الهبوط أو في درجة

٣ ( مؤثرات خارجية على الأساسات وتربتها :  
إن تصدع المنشأ قد يكون لأسباب أخرى ليس لها علاقة بواقع التربة أو المنشأ عند التصميم ، أى هي غير الأسباب المذكورة سابقاً وأهمها :

أ ( تأسيس مبنى جديد بجوار مبنى قديم :  
إن إشادة مبنى جديد بجانب مبنى قديم يخلق إجهادات جديدة على تربة الأساسات المجاورة وبخاصة بالمبنى القديم فيتعرض المبنى للتشققات نتيجة للهبوطات التفاضلية الحاصلة بين أساساته .



ب ( وضع حمولات جديدة على جزء مبنى قديم أو بجواره :

إن تخزين المواد بجانب مبنى قائم أو وضعها على جزء منه ( بناء على جزء من السطح الأخير ، تخزين مواد في قسم من البدروم ) هو عبارة عن زيادة في الحمولات على جزء من أساسات المبنى دون غيرها ، وهذا يخلق هبوطاً تفاضلياً قد يؤدي إلى تشقق المبنى .

جـ ( تنفيذ حفريات مجاورة :  
يجب أن لا تؤثر الحفريات المجاورة على منطقة التربة المجهدة للأساسات المجاورة للحفريات والمائدة للمبنى القديم . حيث إن ذلك يحدث خللاً في التربة وبالتالي هبوطاً في الأساسات ثم تشققاً في المبنى .



سحب التربة وجود عرض تربة بجوار المبنى



ب ( تأسيس جزء من المنشأ على طبقة ردم :

عند المباشرة ببناء مناطق توسع المدن يجب الانتباه إلى أن هذه المناطق استخدمت سابقاً لإلقاء الرميات وقد يصادف أن لا تكشف الجسات أجزاء من الموقع تعرضت للردم مما قد يعرض المبنى المشاد على هذا الموقع إلى الهبوط التفاضلي ثم التشقق كما في الشكل التالي :

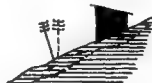


هذا السحب سيؤدي إلى هبوط المبنى القديم على ردمه والكل على ردمه على ردمه

جـ ( وجود إنشاعات قديمة :

إن وجود الإنشاعات القديمة ( أنفاق أو ما في حكمها ) أو بقايا الإنشاعات القديمة ( أساسات - جدران ) يزيد من صلابة التربة ويقلل من هبوطها وهذا يؤدي إلى إحداث فرق هبوط يؤدي إلى تصدع المنشأ المشاد على الموقع .

د ( التأسيس على طبقة تربة معرضة للانزلاق :  
إن التأسيس على طبقة مائلة يعرض التربة للانزلاق وذلك عند إشياعها بالماء ( فصل الشتاء ) مما يؤدي إلى تصدع المنشأ . كما في الشكل التالي بين مبنى شيد على تربة مائلة تنزلق باتجاه واحد أو إذا شيد على قمة هضبة تتعرض فيها الطبقة الغير مستوية للانزلاق بجميع الاتجاهات الأقبية :



هذا السحب سيؤدي إلى هبوط المبنى القديم على ردمه



( ز ) أثر الماء على تربة الأساسات :

✱ أثر صرف وتخفيض مستوى الماء الجوى :

في حالة تكون تربة أساسات مبنى متأثرة بالمياه الجوفية ، فإن ضخ المياه ( عن طريق بئر أو حفرة مجاورة كما في الشكل التالى ) والمؤدى إلى تخفيض مستوى الماء الجوى يحدث تشققات في المبنى بسبب هبوط وانجراف التربة وانتهيار ميل جوانب الحفرة .



سبب الزدفع من ماء الجوى صلباً للمبادر

✱ أثر تغير درجة رطوبة تربة الأساسات :

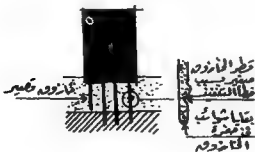
قد تنتج التشققات في المنشآت بسبب الهبوط التفاضل الذى تتعرض له الأساسات نتيجة إلى انكماش تربة الأساسات المحيطة في فصل الصيف أكثر من تربة الأساسات الداخلية أو انكماش تربة مجموعة الأساسات المجاورة لمصدر حرارى أكثر من غيرها أو انكماش تربة الأساسات المتأثرة بهطول الأشجار المزروعة في الحدائق .

✱ انتفاخ تربة الأساسات المحيطة في فصل الشتاء ( مطر متجدد ) أكثر من تربة الأساسات الداخلية أو انتفاخ تربة مجموعة الأساسات المجاورة لمصدر مائى أكثر من غيرها .

( هـ ) خطأ في تنفيذ الأساسات أو في تصميمها الإنشائى أو الجيوتكنيكى :

( أ ) التأكد من سلامة تنفيذ جسم الأساس :

يجب أن يكون جسم الأساس سليماً محققاً للمواصفات المطلوبة ليقوم بنقل المحمولات إلى التربة بشكل سليم . إن شيوع استخدام الأساسات العميقة هي نتيجة حتمية لمميزات هذا النوع ولكن كثرة عيوب ما كان منها في المكان يجعلنا تنبه إلى أهمية التدقيق في هذه الناحية خاصة الأساسات الحازوقية كما في الشكل التالى :



إن هذا الخطأ يحدث عند تنفيذ خفزية مبنى مجاور كما في الشكل السابق أو عند تنفيذ خفزية عميقة لحندق صرف رئيسى أو ما شابه ذلك .

والحل في مثل هذه الحالة تنفيذ خفريات مدعمة أصولاً لأن عدم الدقة في تنفيذ التدعيم يعرضه للانهيار .

( د ) مرور آليات أو دق خوازيق بجانب المنشأ :

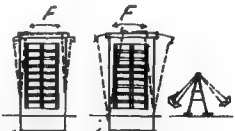
عدا أن مرور الآليات الثقيلة يؤثر على الأعمال المنفذة تحت الأرض ( أنفاق - مجارى .. ) فإنه يحدث موجات اهتزازية تساعد على تفكك التربة وكذلك الحال عند دق خوازيق كما في الشكل التالى وعليه قد يحدث تشققات في المنشآت المجاورة بسبب الهبوطات الحاصلة .



سبب الزدفع دفع الزدفع بحمار مبانى قديمة

( هـ ) تعرض طبقة التأسيس للهزات الأرضية :

إن أثر الهزة الأرضية على تربة الأساسات أثر مزدوج فبالإضافة إلى هبوط التربة تحت الأساسات بسبب التعرض لموجات الهزة الأرضية فهي تحدث تمركزاً في الإجهادات المطبقة على التربة بواسطة الأساسات بسبب حالة عدم جسات المنشأ . والنتيجة حصول هبوطات قد تؤدى إلى تشققات في المنشآت .



سبب الزدفع دفع الزدفع بحمار مبانى قديمة

( و ) تعرض أساسات المنشأ أو تربة لفعال المخاليل الكيميائية :

إذا تعرض جسم بعقب الأساسات لفعال المخاليل الكيميائية المؤثرة عليها فهذا يعنى إضعاف جسم الأساس وتعرضه للانكماش . وبالتالي تعرض المنشأ لإمكانية الانهيار . أما إذا تعرضت تربة بعض الأساسات لفعال المخاليل الكيميائية المؤثرة عليها فهذا يعنى إضعاف قيمة تحمل التربة وحدوث الهبوط التفاضلى وبالتالي تعرض المنشأ لإمكانية الانهيار .

**ب) تدقيق التصميم الإنشائي :**

يجب إجراء تدقيق على التصميم الإنشائي لأن أى خطأ فى حساب الأحمال المطبقة على الأساس أو فى التصميم الإنشائي للأساس نفسه قد يكون سبباً فى تصدع المنشأ .

**جـ) تدقيق الشروط الجيوتكنيكية للأساس :**

إن أثر الجليد يضعف جسم الأساس وقد يؤدى إلى تصدعه لذا يجب أخذ الاحتياطات اللازمة وإبعاد ظهر الأساس عن سطح الأرض المعرضة للجليد بالقدر الكافى .

ولكل هذه الأسباب مجمعة أو متفردة قد تفيدنا لمعرفة أسباب الانهيار الخاص بالأساسات ، والذي يؤثر على جميع أعضاء المنشأ بالمثل وما ذكر تقريباً هى الأخطاء التى يجب مراعاتها عند التأسيس .

**ثانياً : تدعيم وتقوية وعلاج الأساسات السطحية :****تتضمن هذه الدراسة فى الآتى :**

- ١) علاج صدأ الحديد .
- ٢) إصلاح الشروخ الخرسانية بالأساسات .
- ٣) زيادة مساحة التحميل على الأرض أو زيادة ارتفاع القاعدة المسلحة .
- ٤) تقوية الأساسات بتحويل القواعد المنفصلة إلى لبشة .
- ٥) تقوية الأساسات بزيادة سمك اللبشة .
- ٦) مبنى مؤسس على قواعد منفصلة وتم زيادة أساسات خازوقية جديدة .
- ٧) إضافة قواعد مسلحة وزيادة علاج الأساسات لإنشاء المبني على تربة متفتحة .
- ٨) حقن التربة .
- ٩) تجميد التربة .

**ثالثاً : الأساسات العميقة وتقتصر فى الآتى :**

- ١ - استعمالات الخوازيق .
- ٢ - مثال لمبنى قواعد منفصلة وتم له أساسات خازوقية جديدة .
- ٣ - القمصان .
- ٤) علاج صدأ الحديد :

صدأ الحديد فى القواعد المنفصلة للأساسات : من المعروف أن الحديد الذى يتحمل الشد هو أسفل القاعدة ، أما الحديد الذى بالجوانب فهو تدعيم للحامك الحديد مع الخرسانة وعادة ما يكون ظهر القاعدة خالياً من الحديد إلا فى حالات خاصة من التصميم توجد شبكة عليا وتبع الخطوات التالية فى حماية صدأ الحديد .

أ) من الممكن وقف صدأ الحديد عن طريق الحماية

**الكهربائية السابق ذكرها وهذه الطريقة مكلفة للغاية .**

ب) يوجد عدة طرق لتحديد عدد وأقطار وكمية الصدا لحديد التسليح منها جهاز الإتراسونيك ( جهاز الأشعة فوق الصوتية ) أو جهاز البايكوميتر أو جهاز أشعة جاما أو أحد الأجهزة المشروحة سابقاً فإذا كان صدأ الحديد مؤثراً ووصل إلى مرحلة خطيرة ويؤثر على كفاءة العنصر الخرساني لا بد من اللجوء إلى زيادة قطاع الأساسات ، ويسبق هذا علاج الشروخ سواء أكانت من أى نوع وسنشرح هذه الطريقة تحت بند زيادة مساحة القواعد المنفصلة .

جـ) إذا كان بالحديد الذى ظهر من التكسّر صدأ غير مؤثر لوقف زيادة صدأ الحديد وعلاجه يتم بإزالة الجزء المتاح من الغطاء الخرساني وصنفرته جيداً بالفرشاة السلك العادية أو المركبة على شنور أو بجهاز مدفع الرمل sand blast ثم يتم دهان الحديد بعد نظافته بالدهانات الإيبوكسية المحتوية على زنك أو دهانات كروميد الزنك .

د) يتم عمل الطرشة بمونة أسمتية غنية حوالى ٤٠٠ كجم/م<sup>٣</sup> رمل مع إضافة مواد رابطة أو دهان الخرسانة القديمة بالإيبوكسي اللاصم وذلك قبل صب الخرسانة بمدة لا تزيد عن ٤٠ دقيقة أو بروية الجنرال بوند .

هـ) يتم عمل الغطاء الخرساني بالمونة الإيبوكسية أو بمونة ألياف الزجاج أو بمونة بولومرية متغلغلة أو بخرسانة مضاف إليها مواد تقليل الانكماش وزيادة مقاومة الضغط بشرط أن يكون الزلط المستعمل فيرو .

و) يتم العزل بعد ذلك إما بإضافة مواد لإشراق الأسطح لمنع تغلغل الكبريتات داخل الخرسانة أو دهان بثلاث طبقات من البيتومين المائى المطاطى بيروبلاست أو بإحدى طرق العزل المعروفة .

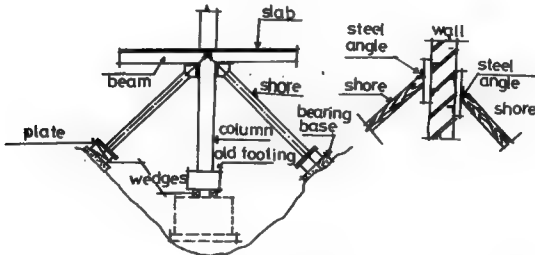
**٢) إصلاح الشروخ الخرسانية بالأساسات :**

كما سبق شرحه فى علاج الشروخ قد تنشأ هذه الشروخ فى الأساسات من حدوث هبوط غير متكافئ differential settlement وذلك نتيجة الأحمال الواقعة على المنشأ أو أى خطأ فى التأسيس على تربة غير متجانسة أو سحب مياه بشدة من تحت الأساسات فتتسبب فى غلخلة التربة أو حدوث حفر عميق بمجرى المبنى أو أحد الأسباب التى ذكرناها سابقاً فيتم العلاج كالآتى :

أ) يتم علاج صدأ مثل الطريقة السابقة ثم يتم إزالة الأجزاء الضعيفة وتوسيع الشروخ بقدر الإمكان بمعنى مناسب ثم التنظيف بالكمبرسور ثم ملء هذه الشروخ بالمونة الغير قابلة للانكماش أو بالمونة الغير جلاس fiber glass mortar أو بالمونة

- ١) والشكل التالي يوضح طريقة صلب shoring عامود أو حائط لنقل الحمل إلى التربة بطريقة مؤقتة حتى يتسنى إزالة وتعديل عمق أو أبعاد الأساسات القديمة ويجب قبل إزالة الصلبات مراعاة أن يتم التأثير بانفعال مرن  $elastic strain$  عكسي لمعادلة القوى الأصلية حتى لا يحدث هبوط للعמוד أو الحائط المراد تعديل أساسه كما في الشكل التالي على أنه من الممكن تطبيق الحوايط بدلاً من صلبها وذلك بعمل فتحات في الحائط ويمكن ربط الكتل الخرسانية الجديدة بشبكة من الميدات للوصول إلى هبوط متكافئ وتثبت الكمرات بطريقة كاملة عن طريق خواير  $wedges$  تعمل على تمام تحميل الحائط وفي كل الأحوال يتم نقل الحمل من العמוד أو الحائط إلى الأساس الجديد بواسطة الخواير  $wedges$  أو روافع برمية  $screw jack$ .
- الإيبوكسية epoxy mortar مع التأكد من وصول هذه المونة إلى عمق الشروخ.
- ب) إذا كانت الشروخ ضيقة فضالغ بالنظافة بالماء المضغوط ثم ضخ الإيبوكسي إما بطريقة الأنابيب المعدنية أو بإحدى الطرق ثم يتم عزل القاعدة عزلاً جيداً كما سبق شرحه.
- ٣) زيادة مساحة التحميل على الأرض أو زيادة ارتفاع القاعدة المسلحة:
- تم زيادة مساحة التحميل على الأرض بإحدى الطرق الآتية:
- أ) تم زيادة مساحة القاعدة بالحفر أسفلها بإزالة الحمل عن القاعدة:

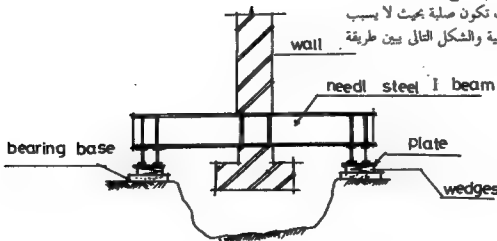
### شكل يبيِّن طريقة صلب الحائط وعامود



a - SHORING FOR COLUMN

b - SHORING FOR WALLS

وفي حالة الأحمال العالية تستخدم روافع هيدروليكية ، ومن المهم تصميم نظام جديد للأساسات تكون صلبة بحيث لا يسبب هبوط مسموح أو أي حركة جانبية والشكل التالي يبين طريقة تعليق الحائط .

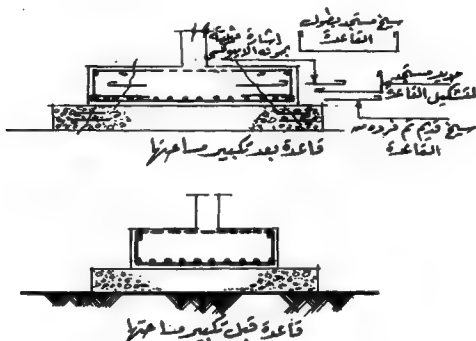


needle method

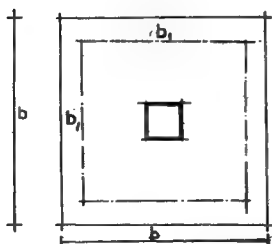
طريقة تعليق الحائط



٤) بعد فترة من وقت الصب وجفاف الخرسانة يتم عزل الخرسانة ودهانها بالبيتومين أو بأى طريقة عزل أخرى .



- ج) زيادة ارتفاع القاعدة المسلحة في حالة تحمل جهد  
الغربة للأحمال الزائدة أو حقن التربة أسفل القاعدة القديمة :  
لتحقيق هذا الغرض تتبع المراحل الآتية :  
١) يتم إزالة السطح العلوى وتنظفه ووضع أساور ربط  
رأسية مثبتة بالقاعدة القديمة مع زيادة ربط القاعدة الجديدة  
بالقاعدة الأصلية ليعمل معاً .  
٢) يتم عمل ضخات في العمود لدخول الحديد السفلى  
للقاعدة الجديدة ودهان السطح العلوى للقاعدة القديمة بمادة  
ربط مثل ما سبق شرحه .



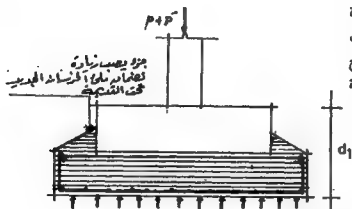
قطاع في قاعدة جديدة تم تثبيتها على قاعدة قديمة

$$\begin{aligned} \text{عرض القاعدة القديم} &= b_1 \\ \text{عرض القاعدة الجديد} &= b \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{الارتفاع القديم} &= d \\ \text{الارتفاع الجديد} &= d_1 \end{aligned}$$

#### د) زيادة مساحة القاعدة أسفل القاعدة القديمة :

لتحقيق هذا الغرض يتم رفع القاعدة القديمة وعمل قاعدة جديدة أسفل القاعدة القديمة بشرط صب جزء زيادة لضمان التصاق الخرسانة الجديدة بالقديمة ، وقبل ذلك ينظف السطح السفلي القديم بإحدى الطرق السابقة ، ويجب زيادة القاعدة العادية حسب الطريقة المشروحة سابقاً في البند (ب) .



طريقة وضع قاعدة جديدة أسفل القاعدة القديمة

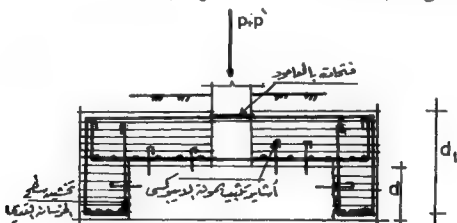
#### هـ) زيادة مساحة القاعدة وارتفاعها :

لتحقيق هذا الغرض يتم زيادة القاعدة بالطريقة الآتية :

- ٣ - يوضع التسليح الجديد حسب التصميم المطلوب بشرط أن يمر السيخ السفلي والعلوي متحرراً للعمود وذلك حسب الشكل التالي :

١ - تزداد القاعدة العادية كما شرح في البند (ب) .

٢ - تحشين جيد في السطح القديم وتثبيت أشرطة بمونة



#### ط) رفع قاعدة زادت ارتفاعها وساحتها

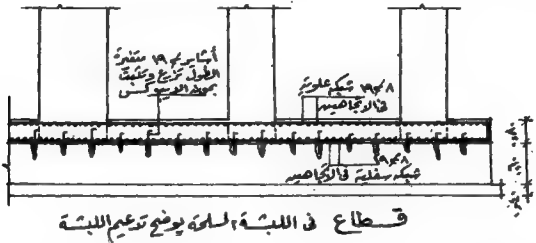
- ب) يتم زرع أشرطة بالقواعد المسلحة وتكون ذات جنشات لترتبط التسليح الجديد للسفلي للبتشة بهذه الأشرطة المثبتة بمونة الإيبوكسي ، كما يراعى تحريم الأعمدة في الضلع الأصغر منها فحريم الحديد الجديد للطبقة العليا في هذه الحزوم مع تحشين سطح القواعد القديمة والأعمدة ، ويتم النظافة بإحدى الطرق السابق شرحها ..
- جـ) يتم دهان الخرسانة بالإيبوكسي اللاصق للخرسانة أو الطرشة بطبقة سميكة من مونة بها مواد رابطة بلميرية ، ويتم صب الخرسانة بنسبة ٤٠٠ كجم / م<sup>٣</sup> رمل مع إضافات تقليل الانكماش ومنع النفاذية وتزاد مقاومة الانضغاط .
- د) يجب التنبيه إلى ضرورة العزل وعمل الحماية الكاملين للخرسانة بعد إتمام التغطية .

٤) تقوية الأساسات بتحويل القواعد المنفصلة إلى لبشة :  
لتحويل القواعد المنفصلة إلى لبشة مسلحة يجب اتباع الآتي :

أ) الحفر أولاً حول القواعد الخرسانية العادية السابقة وتكسيوها من الأطراف لعمق ميل في الخرسانة العادية ، وذلك لزيادة سطح التماسك بين الخرسانة القديمة والجديدة ، ثم يتم عمل خروم في الخرسانة العادية وتثبيت أشرطة بمونة الإيبوكسي ، ثم التنظيف جيداً بضغط الهواء أو بمدفع الرمل ، ثم يتم عمل طرشة بمونة غنية بالأسمنت مع مادة رابطة ، ويجب أن تكون كمية الطرشة لا تقل عن ١,٥ سم لتساعد الفجوات التي بالخرسانة القديمة على التداخل وتغليظ الزلط بالمونة ، ثم يتم صب الخرسانة العادية .



ووجود أن اللازم زيادته لهذا السلك هو إضافة ٨٠ سم كلشة ٢م/١٩/٨ في الاتجاهين ، بالإضافة إلى أنه تم تدعيم أعمدة الدور مستجدة فوق اللبشة القديمة بتسليح شبكتين سفلية وعلوية الأرضى وعمل قمصان لها .



٦ ( مثال لبني مسجد لا يتحمل سوى دور واحد والمراد زيادة خمسة أدوار فوقه :

هذا المبني بمدينة نصر وهو عبارة عن مسجد لإحدى الجمعيات الخيرية الخاصة ، وقد فكروا بأن يستفيدوا بتعليق خمسة أدوار فوق هذا المسجد لاستعماله عيادة ومستشفى ، علماً بأن السقف الموجود بهذا المسجد لم يصب سقفه حسب المواصفات ، وبه ترخيخ ظاهر في البلاطات وبدراسة هذا المبني تبين الآتي :

١ ( المسافة بين الأعمدة من المحور إلى المحور ٥,٥ م والارتفاع ٥ م من أرضية المسجد ، وأن القواعد الخرسانية العادية بسلك ٣٠ سم وتزيد عن الخرسانة المسلحة بمقدار ٢٠ سم من جميع الجهات ، وأن أكبر قاعدة مسلحة - ١,٥ × ١,٥ م بارتفاع ٣٠ سم وتسليح ٥ ϕ ١٣ في الاتجاهين ، ولم توجد ميدان إلا في الدائر الخارجى الذى ينشأ عليه الحوائط المبنية من الطوب الأحمر بعرض ١٢ سم ، وأن طبعة الأرض رملية ، وتم عمل جسة يدوية ، ووجد أن الرمل يستمر حتى عمق الجسة ، وكان عمقها خمسة أمتار ، ووجد عمق الحفر للأساسات ١,٢ م وأن المسجد كان مرتفعاً عن منسوب الأرض الطبيعية ١,٢٠ م .

٢ ( الأعمدة الداخلية جميعها ٣,٠ × ٣,٠ م ، والخارجية ٣,٠ × ٢,٥ م والجميع بتسليح ٤ ϕ ١٣ .

٣ ( تسليح البلاطات ٥ ϕ ٨ في الاتجاهين وبسلك لا يزيد عن ٣ سم والسطح به طبقة عازلة دهان بيتومين وفوقه بلاط أحمر ، والظاهر في هذا السقف عندما تقف عليه يتأثر بأى هزة وبأى صدمة بسيطة .

٤ ( الكيبريت بسقوط ٣٠ سم وبعرض ٢٥ سم بتسليح ٤ ϕ ١٣ ، وعلوى ٢ ϕ ١٠ .

٥ ( جميع الحديد الموجود في المنشأ كله لم يكن به صدا ، وأن حالة الخرسانة جيدة .

٦ ( من الشرح السابق وجد أن هذا المبني لم يخضع لأى مواصفات في تنفيذه ، ولم يكن عليه أى إشراف في حالة التنفيذ ولم يوجد لهذا المبني أى رسومات ، وتم العلاج بالطريقة الآتية :

أولاً : الأساسات :

بالحساب وجد أن الأعمدة الداخلية حسب الرسومات الجديدة تتحمل حوالى ١٧٠ طن والأعمدة الخارجية حوالى ١٥٠ طن ، وأن جهد التربة يتحمل ١٥ طن/ ٢م ، ووجد أن القواعد المسلحة ٣,٠ × ٣,٠ م بارتفاع ٩٠ سم وتسليح ٣٠ ϕ ٥ يصبح كافياً ، وقد أخذ في الاعتبار أن طبقة

الخرسانة العادية لا تعمل كخرسانة عادية تتحمل أحمال ، ولكن اعتبرت طبقة نظافة فقط ، وتم التنفيذ بالخطوات التالية :

١ ( تم الحفر حول القواعد حتى الطبقة السفلية للقواعد العادية ، وتم تكسير طبقة الخرسانة العادية بميل ، وتم نظافة الخرسانة العلوية والمسلحة ، ونحش جميع الأسطح الظاهرة من الخرسانة العادية والمسلحة بطريقة التنقير .

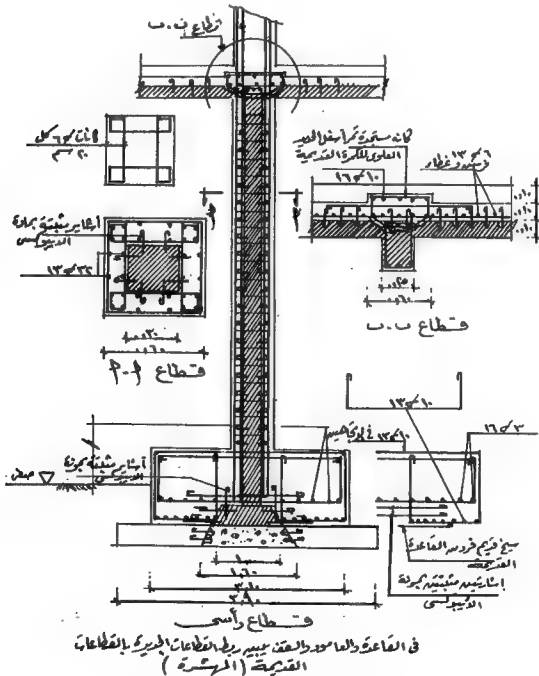
٢ ( تم التخريم في الخرسانة العادية والمسلحة بخروم تصل إلى عمق ٢٠ سم بحيث يكون هناك صفين من التخريم أحدهما في الخرسانة العلوية ، وثانيهما في الخرسانة المسلحة كل ٣٠ سم ، وتم تخريم الطبقة العليا للخرسانة المسلحة أيضاً كل ٣٠ سم ، ثم تم تنظيف هذه الأخرام بغضط الهواء ثم وضعت مادة لبيوكسية ضعيفة اللزوجة لفسيل الأخرام ، ثم ملئت هذه الأخرام بمونة الإيوكسى ، ثم وضعت الأشعار من الحديد بقطر



رابطة Bonding agent لزيادة قوة الالتصاق ولحام الخرسانة القديمة بالجديدة ، ومن فوائد طبقة المونة لتستقبل الزلزال المنفصل من الخرسانة الجديدة وملء أى فراغ بالخرسانة القديمة ، ثم يتم الصب بالزلط القول مع الدمك جيداً بنسب خرسانة ٨، ٣٠، ٣٠ زلط: م٤، ٣٥٠ رمل إلى ٣٥٠ كجم/ سم٣ ، وبعد صب الخرسانة بسبعة أيام تم دهان كل الظاهر من الخرسانة المسلحة والعادية والميدات بثلاث طبقات من البوربلاست ، ثم تم الردم حول الأساسات على طبقات ، كل طبقة ٢٥ سم مع الدمك بالمندالة والماء ثم تم عمل ميزانية للأرضية الخرسانية للمسجد بدق أوتاد تلو الردم بمقدار ١٥ سم ، وتم صب الخرسانة العادية بسمك ١٥ سم ، وبهذا نكون قد انتهينا من الأساسات .

١٣ مم ومجنشة من الطرف الخارجى ، ثم بدأ بصب طبقة الخرسانة العادية بزيادة ٤٠ سم وذلك أى ٣٣،٩٠×٣،٩٠ وذلك بعد طرشة الخرسانة القديمة بمونة الجنرال بوند ، وتم صب خرسانة عادية بسمك ١٠ سم تحت الميدات الرابطة المستجدة ، ثم تم صندقة الجوانب بالخشب للميدات والقواعد المسلحة بحيث ظهور بطن الميدات مستوى واحد ، ثم تم وضع أشاير الأعمدة وتوزينها بكافة عيون لحفظ المسافات .

ب ) بعد هذه العملية حصل فئات من الخرسانة فتم التنظيف بالكامل بضغوط هواء ، ثم تم دهان الطبقة الظاهرة من الخرسانة المسلحة بدهان إيبوكسى رابط بين الخرسانة القديمة والجديدة ، ثم وضع طبقة من المونة بسمك ٢ سم مضافاً إلى مواد بولمرية



## ثانياً : الأعمدة :

بعد حساب الأحمال الجديدة وجد أن قطاع العمود يجب أن يكون  $60 \times 60$  سم ، ويتصلح  $32 \phi 13$  ويتم تفريد الحديد على صفين وعمل كانتات داخلية وخارجية ، وتم التنفيذ كالآتي :

( ١ ) صلب السقف والكمرات بهروق خشبية ونظراً لحفة بلاطة السقف تم رفعها في مستوى أفقي بقدر الإمكان ، وتم تكسير حول الأعمدة في البلاطة بأبعاد  $60 \times 60$  سم كأبعاد العمود ، ولم تمس الكمرات إطلاقاً ، وهذا التكسير يفيدها في ظهور أشبار أعلا السقف بمقدار ٥٠ مرة قطر السيخ ، وتساعدنا في صب الحطة الأخيرة من الأعمدة .

( ٢ ) تم تكسير البياض القديم ونظافة سطح الخرسانة بالفرشة السلك وتخشين السطح جيداً وتم تحريم العمود كل ٥٠ سم في الارتفاع وبواقع خرمين في كل جنب من الأجناب والخروم بعقم ١٥ سم ، والظاهر منها ١٢ سم ، ومجشة من الطرف الظاهر والخروم بقطر ١٩ م ، والأسياخ التي ستثبت كأشبار بقطر ١٣ م ، وبعد التخريم تم تنظيف الخروم بضغط الهواء ، وتم وضع مادة لإيوكسية قليلة اللزوجة لتنظيف الخروم بحيث تصل إلى أي منطقة داخلية تم فيها التخريم ، وتم ملء الخروم بمونة الإيوكسي ( الرمل والإيوكسي فقط ) ، وتم زرع الأشبار ، وتم وضع التسليح وترابطه .

( ٣ ) تم تجليد العمود من جنب واحد بارتفاع العمود والثلاثة أجناب ، تم تجليد  $1,10$  سم فقط حيث سيصب هذا العمود على ثلاث حطات ، كل حطة  $1,10$  سم ، وقبل الصب تم طرشة العمود بمونة بنسبة عالية من الأسمت مع إضافة مواد رابطة بلومرية .

( ٤ ) تم تجهيز مونة صب الخرسانة ومكونة من  $1,8$  م<sup>٣</sup> زلط فولى :  $1,4$  م<sup>٣</sup> زمل إلى ٤٠٠ كجم أسمت مع إضافة مواد زيادة سيولة الخرسانة وزيادة الإجهاد ، وفي الحطة الأخيرة تم الصب من الأربعة فتحات التي بالسقف ، وتم الدمك جيداً من الداخل ومن الخارج بالمزازات الخارجية ( هزاز شدة ) ووروي لحفظ مسافة التجليد تثبيت بلوكات خرسانية  $4 \times 4 \times 10$  سم وشحطها بين الخشب والخرسانة القديمة ، وبهذا نضمن بأن العمود لم يحدث به تشييش أو خلافة .

وبهذا نكون قد انتهينا من الأعمدة .

## ثالثاً : الكمرات والبلاطات :

تم صلب السقف جيداً قبل البدء في أي عمل وحتى قبل صب الأعمدة كما سبق شرحه ، وقد تمت الدراسة قبل الترميم لهذا السقف ، إما أن يتم من أسفل وهو وضع شبكة من الحديد

أسفل السقف وتثبيتها وزيادة ارتفاع السقف من أسفل ، وبالتالي زيادة الكمرات بوضع حديد في منطقة الشد ، ولكن نظراً للمطالب الإنشائية المطلوبة مستقبلاً لتقسيم حجرات أو حجرة عمليات وعليه كان تنفيذ السقف من أسفل لا يفي بهذه الأغراض ، هذا بالإضافة لأن تصلح السقف من أسفل سيتكلف الكثير في إعادة رسم الزخارف الموجودة بالسقف وخلافه ، وتمت خطوات التنفيذ كالآتي :

( ٢ ) تم تحريم البلاطة الخاصة بالسقف بأحرام بعقم ٥ سم وبقطر ١٢ م وتم تثبيت أشبار بمونة الإيوكسي بقطر ٨ م ، وهذه الأحرام بمسافات لا تزيد عن  $40 \times 40$  سم ، وتم تحريم الكمرات من أعلا بعقم ٢٥ سم وبقطر ١٩ م ، وهذه الأحرام على بعد ١٠ سم من حافة الكمرات بوضع تبادل على الجانبين كل ٤٠ سم بالإضافة لإظهار الحديد العلوي للكمرات وعمل خروم تحت الأسياخ العلوية لإدخال كانتة الكمرات المستجدة والتي ستصبح كمرات مقبولة بالنسبة للكمرات الساقطة القديمة ، وهذه الكانتات كل ٢٠ سم وبقطر ٨ م .

( ١ ) تم زرع البلاط الخاص بالأسطح وطبقة الدهان العازلة من البيتومين ، وتم تنظيف السطح تنظيفاً جيداً .

( ٣ ) تم حساب البلاطات ووجد أن ارتفاع البلاطة يساوي ١٠ سم ويتصلح  $6 \phi 13$  في الاتجاهين ، وتم حساب الكمرات المدفونة فوجد أن ارتفاع الكمرات ١٥ سم ويتصلح سفلى وعلوى  $10 \phi 16$  ويعرض  $60$  سم .

( ٤ ) تم تنظيف السقف جيداً ونظفت أماكن الخروم بالضغوط الهوائية ، تم عمل طبقة من سائل الإيوكسي قليل اللزوجة لتسهيل هذه الأحرام ، ثم تم وضع مونة الإيوكسي تحت الخروم السابق ذكرها ، ثم وضعت الأشبار حسب الأقطار السابقة .

( ٥ ) تم رص الحديد وتم تحضير زلط لا يزيد قطرة ١,٥ سم وتم عمل خلطة  $1,8$  م<sup>٣</sup> زلط :  $4$  م<sup>٣</sup> رمل : ٤٠٠ كجم أسمت .

( ٦ ) من المعروف رغم وضع الأشبار للسقف القديم أن هذه الأشبار لا تكفي لربط السقف القديم بالجديد كي يعمل كإكلالة واحدة فكان لا بد من وضع طبقة لحام من الإيوكسي المخلوط بالأسمت قبل الصب مباشرة بربع ساعة ، وكان لا بد من التنظيف مرحلة مرحلة بالضغوط الهوائية ودهان الإيوكسي مرحلة مرحلة أمام الصب حتى نضمن بأن البلاطة القديمة والجديدة والكمرات القديمة والجديدة مستعملان كوحدة واحدة ، أما عن الكمرات التي بالدائر الخارجي فعملت كمرات مقبولة عادة بارتفاع ٥٠ سم ويتصلح  $4 \phi 16$  ساقط منهم  $2 \phi 16$  عللى ،  $2 \phi 16$  مكسج ويتصلح علوى  $2 \phi 10$  م كانتات كل ٢٠ سم وبهذا نكون قد انتهينا من السقف إجمالاً ، وتم فك

( ١ ) ضعف مقاومة الخرسانة للأعمدة عند أماكن الانهيار .  
 ( ٢ ) التأسيس على تربة متفتحة جافة ومع ارتفاع منسوب مياه الرشح حتى منسوب التأسيس تسبب ذلك في حدوث ارتفاع من القواعد نتج عنه إعادة توزيع الأحمال على الأعمدة فحدث الانهيار المفاجيء بعد خمس سنوات مع وجود كميات ذات بحور كبيرة فحدث ترسيم يزيد عن المسموح به فتش عن ذلك شيوخ بعض الحواط والكمرات وتم تدعيم المبنى ببلون إخلاء السكان بالطريقة الآتية :

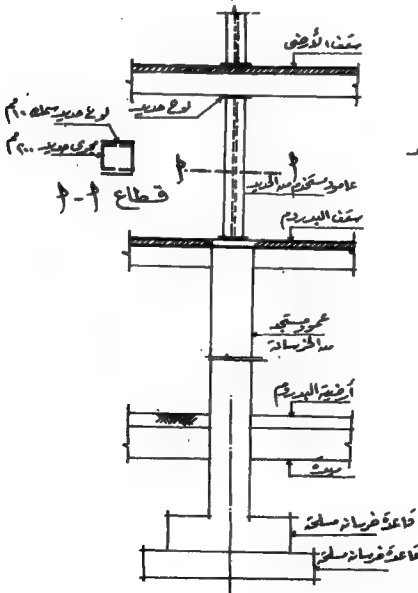
أولاً : تم إضافة ثلاثة أعمدة مستقلة تركز على قواعد منفصلة عند أماكن الكمرات ذات البحور الكبيرة حيث تم تنفيذ الأعمدة من الخرسانة المسلحة بالبروم ثم تم استكمالها من الحديد في باقي الأدوار العلوية كما في الشكل التالى والغرض من استعمال الأعمدة الحديدية في الأدوار العلوية هو سهولة وسرعة تركيبها حيث إن الأدوار مشغولة بالسكان وتم التنفيذ كالآتي :

الشفة بعد خمسة عشر يوماً مع المداومة بالرش يوماً في الصباح والمساء .

( ٧ ) بعد هذه التعديلات أصبح هذا المبنى يتحمل خمسة أدوار دون الخوف عليه .

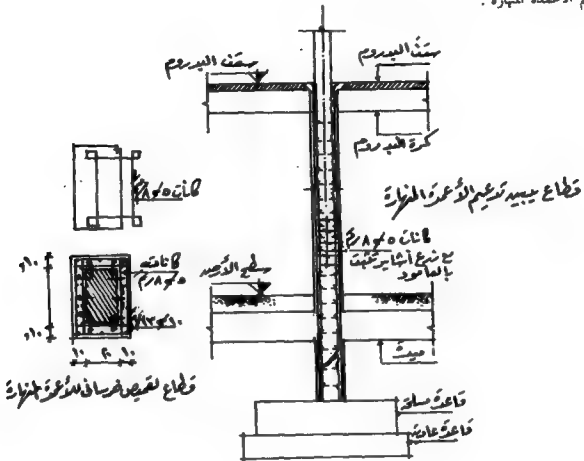
( ٧ ) إضافة قواعد مسلحة زيادة وعلاج الأساسات لإنشاء المبنى على تربة متفتحة :

مبنى سكنى مكون من ٨ طوابق بالقاهرة حدث له انهيار في جميع رقاب الأعمدة الخرسانية تحت سطح الأرض ، وذلك بسبب التأسيس على تربة متفتحة تسببت في حدوث ارتفاعات غير متساوية بين القواعد نظراً لارتفاع منسوب المياه الجوفية ، وهذا المبنى كان حديث الإنشاء ومكون من بحدوم وطابق أرضى ، ٦ طوابق علوية ، وبعد مرور ٥ سنوات من بدأ الاستعمال تبين وجود انهيار في جميع رقاب الأعمدة الداخلية كما وجد شيوخ مائلة في أغلب حواط المبنى وبعد عمل الدراسات وجد أن سبب الانهيار هو :



قطاع  
 سبيبه قاعدة وعمود مستقيم

أ) تنفيذ قصبان من الخرسانة المسلحة لأعمدة البروم ذات الرقاب المكسورة ويبين الشكل التالى قطعاً نموذجياً لطريقة تدعيم الأعمدة النهارية .



مسار النفق لمواد الحقن ووجد أنه يمكن بالحقن الوصول إلى معامل نفاذية  $10^{-10}$  أقل من ذلك أو في حالة الرغبة في زيادة قدرة الأساسات القائمة على تحمل أحمال جديدة عندما تكون قدرة التربة بالحقن قد تكون أقل تكلفة من زيادة مساحة القاعدة أو إضافة قاعدة أكبر عنها .

وفي حالة حقن التربة يجب أن يصل الحقن إلى عمق كاف تحت القاعدة الأصلية بحيث يحقق انتشار الحمل لمنع حدوث إجهاد زائد أسفل الطبقة التي تم حقنها ففى حالة قاعدة  $3,00 \times 3,00$  م مثلاً فإن الحقن لعمق ١,٧٥ متر يؤدي إلى أن يصبح الإجهاد على التربة أسفل الطبقة العازلة التي تم حقنها أقل من نصف الإجهاد تحت القاعدة الأصلية .

ويجب أن تكون التربة المراد حقنها مسامية بدرجة كافية لتقبل الحقن والأخذ في الاعتبار الهبوط الكلى حيث إن الهبوط دالة في الحمل الكلى وليس دالة في الإجهاد على التربة السطحية .

حقن التربة بالأصمخت :

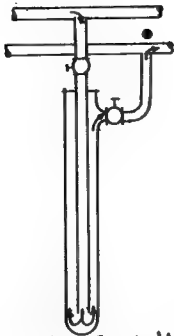
يلجأ لهذه الطريقة على الأخص إذا كانت تربة الموقع صخرية

ب) علاج الشروخ بالمحاطات الداخلية والواجهات باستخدام المواد الأيوكسية للخرق الشروخ. وكانت حديدية عمودية على الشروخ .

ثانياً : تم مراقبة المبنى على مدى الأربع سنوات الأخيرة بعد إتمام عملية التدعيم والتي استمرت سنة كاملة ولم يلاحظ حدوث أى شروخ في أى مكان بالمبنى مما يدل على نجاح طريقة الإصلاح والتي يمكن استعمالها في حالات مماثلة .

٨) حقن التربة :

حقن التربة يستعمل في تقوية التربة لزيادة قدرتها على الأحمال وفي حالة نزع المياه عندما تكون التربة مسامية للدرجة تجعل عملية النزع صعبة جداً ، وأحسن مثال لهذا نفق القاهرة تم حقنه بمادة البترونت أو مواد عازلة أو بالطين في بعض الأحيان بمق حوالى مترين أسفل قاع النفق لتكوين كتلة عازلة تكون منها ومع حوائط النفق صندوق معزول ويتم بعدها سحب المياه الجوفية الموجودة بالتربة داخل هذا الصندوق وقد أجريت تجارب كثيرة في مصر وفرنسا على مدى قبول الطبقات الرملية الموجودة في



نظام التجميد بالحقن Poetch

ذات شقوق وتلخص هذه العملية في حقن التربة بمونة الأممت تحت ضغط .

وفائدة هذه الطريقة هي عزل المنشآت المشيدة بالحجارة المسامية لإيقاف تسرب الماء إليها كما يستفاد منها في ملء الفراغ بين التربة وحوائط المنشآت تحت الأرض وأخيراً يفيد الحقن تثبيت وتقوية الخوازيق الخرسانية المدقوقة في التربة المشبعة بالماء .

تم عملية الحقن بالأممت بواسطة أجهزة الخلط الحاقنة والتي يمكن تحريكها في مكان العمل هذه الأجهزة تتكون من وعاء مغلق ذا جسم أسطواني وذا قاع مخروطي مغلق بسداد محكم يبدأ العمل بخلط مواد الخلطة وهي الأممت والرمل والماء فيالسماح للهواء المضغوط بالدخول في الجزء السفلي من المخروط يحدث خلط وتقليب قوى وسريع لمواد الخلطة ويفلق بعد ذلك السداد المحكم ثم يبدأ في عملية حقن التربة التي تستلبد برفع هواء أو ماء في الشقوق المراد حقنها وتم بعد ذلك عملية الحقن بالمون تحت ضغط الهواء المضغوط بقوة زائدة .

#### ٩) تجميد التربة :

هذه طريقة أخرى لتجنب مياه التربة إذا ما أريد العمل في محيط جاف ، أخذت هذه الطريقة عن المهندس الألماني poetch وطبقت في تغويعن آبار المناجم بين طبقات الماء الجوف ، وفكرة هذه الطريقة تنحصر في إمكان تحقيق نوع من السدود يحل الثلج

فيه عمل الستائر المعدنية على هذا الأساس ، لخصت الطريقة بإحاطة الأرض الواجب حفرها بحلقة من الأرض المجمدة ذات سمك كاف للاحتواء بها حتى يمكن تنفيذ الحفر وبناء الحوائط العازلة وتحصل على التجميد بإمرار محلول من كلوريد الكالسيوم مبرد بالتشادر في أنابيب ذات ثقبوب . هذا المحلول مبرد إلى درجة ٢٠ درجة مئوية فإذا ما كانت هذه الأنابيب قريبة من بعضها للدرجة كافية فإن التربة تتجمد حول كل أنبوبة مكونة في مجموعها حلقة مستمرة صلبة .

ولتنفيذ هذه الطريقة تعمل ثقبوب في الأرض قطرها من ٢٠ إلى ٢٥ سم تنزل في كل منها حتى القاع أنبوبة بقطر ١٠ سم مقفولة في نهايتها السفلية وتحتوى هذه الأنبوبة على أنبوبة أخرى بقطر ٣,٥ سم مفتوحة في جزئها الأسفل ويضغظ المحلول في الأنبوبة الضيقة المركزية يصعد الحيز الحلقي المحصور بين الأنبوبتين كما هو موضح بالشكل التالي .

يوضع في هذه الأجهزة ( بالاستعانة بطلمبة ) سائلاً غير قابل للتجمد تنفلوت درجة حرارته من ١٥ إلى ٢٠ تحت الصفر . وتصل الأنابيب الداخلية بمواسير توزيع كما تتصل الأنابيب الخارجية بالوعة جامعة للماء ، إن السائل يتحرك من أعلى إلى أسفل في الأسطوانة الموجودة بالوسط كما يتحرك من أسفل إلى أعلى في الفراغ المحصور بين الأنبوبتين ملاصقاً لتربة الأرض مما يؤدي إلى تبريدها وبالتالي تجميدها . إن الاستهلاك هنا عبارة عن ٢٥٠ وحدة تبريد لكل متر مربع واحد في المسطح الخارجي للأنبوبة الكبيرة في الساعة الواحدة .

وقد أوضحت التجارب أن طرق تجمد التربة لا تنجح في الأرض التي يمر فيها تيار مائي لأن مثل هذه التيارات تمنع كل تجمد فقد جربت تجميد كتلة التربة كلها عند إنشاء نفق مترو باريس بمحاذاة شاطئ نهر السين عند منطقة سان ميشيل لم تنجح هذه التجربة لأن المدة اللازمة لتجميد كتلة التربة استلزمت وقتاً طويلاً للدرجة أن بعض كتل من الأرض بعد تجميدها تفككت نتيجة لضغط الماء وتسربه إلى منطقة العمل مما اضطر القائمين بالأمر إلى نزحه بالطرق العادية .

وعلى أية حال فإن طريقة تجمد التربة شاقة للغاية ولا يسمح بها إلا في بعض الحالات الخاصة لأن تنظيم الأجهزة المستعملة حساس للغاية ، فالتشغيل يجب أن يكون مستمراً لأن انقطاع العمل لفترات صغيرة يسبب غرق مكان العمل بالماء مما قد يسبب خسائر فادحة .

## ثانياً : الأساسات العميقة

### ١) استعمال الخوازيق :

تقوم الخوازيق بنقل الأحمال إلى الطبقات التحتية جزئياً بالاحتكاك وجزئياً بالارتكاز إلا إذا كانت تخترق طبقات لينة وتنتهي بطبقات صلبة فإن مركبة الاحتكاك ثلاثية ويكون الارتكاز هو الوسيلة الرئيسية لنقل الحمل ويستخدم في الأغراض التالية .

( أ ) لزيادة معامل الأمان لأساسات أكتاف الكبارى ودعامات الكبارى وخاصة إذا كانت معرضة للتحرك .

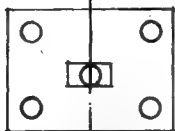
( ب ) لحمل قوى المنشآت ونقلها إلى طبقات التربة سواء أكانت الأحمال رأسية أو مائلة وتستعمل لتثبيت دماك التربة السائلة loose cohesionless soil وذلك عن طريق الإزاحة والاهتزاز المصاحب للدق ويستعمل لتحكم في الهبوط الذى يمكن أن يصاحب الأساسات السطحية .

( جـ ) عمل خوازيق جديدة بجوار الأساسات القائمة من الخوازيق وربطها بالأساسات القائمة ، ويمكن عمل خوازيق بميل ثم سحبها تحت القواعد القائمة .

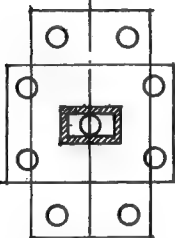
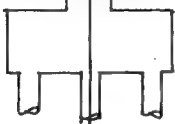
( د ) للتحكم في الاهتزازات المصاحبة لأساسات للماكينات وذلك لتلافي حدوث رنين عند توافق خواص الاهتزاز للماكينة مع خواص اهتزاز الأساس .

( هـ ) إضافة خوازيق جديدة للوسادات القائمة ويراعى الاشتراطات التالية :

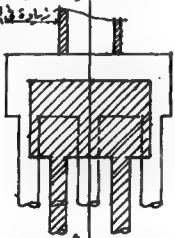
( ١ ) يجب أن تكون الخوازيق الجديدة بنفس قطر الخوازيق القديمة ويجب أن تصل إلى عمق الخوازيق القديمة وإذا كانت المناعة متصل قبل عمق الخوازيق القديمة فيجب ألا يزيد الفرق عن ١٥٪ ولتحاشي هذه الظاهرة فبعد الدق يجب أن يندق خازوق ويترك الذى بجواره ثم يرجع إلى الخازوق الذى لم يندق وهكذا وعند عمل الواسدات يجب أن يتم صب الجزء العلوى بطريقة الركام الموضوع مسبقاً ثم يتم حقه ، والأفضل أن يملأ الجزء الظاهر من القاعدة الجديدة حتى يصل إلى ٥٠ سم أعلا أسفل القاعدة القديمة ، وبهذا نضمن أن الخرسانة متصل إلى أسفل القاعدة القديمة بموجب ثقل الخرسانة الجديدة وذلك حسب الشكل التالى .



مستطاد أفقى  
لقاعدة ذات ٥ خوازيق من ١ متر



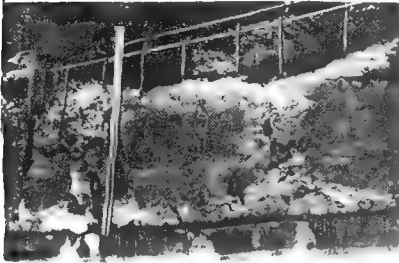
مستطاد أفقى  
لقاعدة ذات ٩ خوازيق بعد زيادة ٤ خوازيق  
زيادة في الأساس



تقاطع رأسى  
بعد زيادة عدد الخوازيق وصب القاعدة  
الجديدة مع طبقة القديمة بمقدار  
٥٠ سم لضمان الترسانة



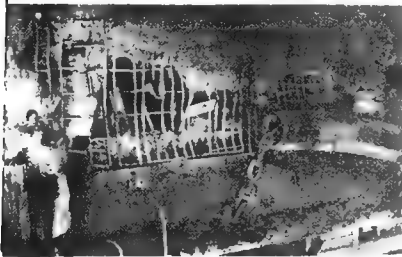
## مجموعة الأعمدة والحوائط التي تأثرت للبلل والجفاف سواء بماء عذب أو مياه البحر



حائط خرساني تعرض للبلل والجفاف بماء البحر



شكل يبين خازوق من الخرسانة المسلحة  
تعرض للجفاف والبلل فحصل  
التصدع وبالتالي صدأ الحديد



حائط خرساني تعرض للبلل والجفاف ولم تتخذ  
له الاحتياطات اللازمة لحمايته من المواد الكبريتية

مبنى تعرض للبلل والجفاف بمياه عذبة  
ولم يتم له الحماية نتيجة المد والجزر



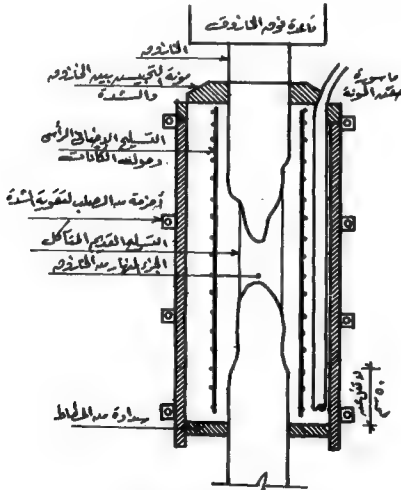


## القمصان :

طوال العام أما الجزء الأسفل من الخازوق فدائماً مغمور بالماء دائماً فلا تتعرض لصدا الحديد .

أما الشدات الدائمة فتستخدم في إصلاح الخوازيق المدفونة في الأرض حيث إن هذه الشدات دائماً معدنية وقد يصعب عمل الشدة المؤقتة تحت الماء ، وقد يمكن حل هذه المشكلة الصعبة بدق الشدة المعدنية ثم إزالة التربة داخلها لصب الخرسانة ، ويجب استعمال قطع من المطاط لسد الشدة من أسفل لكيلا تفقد الخرسانة في التربة كما يستعمل قطع خشبية لحفظ المسافة بين الشدة وبين الخازوق ويستحسن بعد الصب بسبعة أيام يزال القميص وفك الشدة لفحص الخرسانة للتأكد من عدم وجود تعشيش ثم أخذ عينات القلب الخرساني لتحديد قوة الخرسانة .

من المعروف أن الأساسات الخازوقية قد تتعرض إلى ظروف غاية في الصعوبة من حيث المياه الجوفية أو مياه الأنهار أو البحار كما في خوازيق الكبارى وعمل القمصان الخرسانية للخوازيق يتم بزيادة القطاع للخازوق ووضع حديد تسليح جديد مدهون بالأبيوكسى ثم صب خرسانة القميص المضاف إليه مواد منع النفاذية وزيادة سيولة الخرسانة وتستخدم لعمل القمصان شدات من الخشب أو الحديد المطروق أو الصلب وقد تكون هذه الشدات مؤقتة أو دائمة فالشدات المؤقتة تستعمل في إصلاح الخوازيق البحرية ودعامات الكبارى حيث تكون الجزء المحتاج للإصلاح فوق سطح القاع في المنطقة بين مستوى المياه المرتفع والمنخفض حيث إن هذه المنطقة هي التي تتعرض للبلل والجفاف



شكل يبين طريقة عمل قديم الخازوق منقرا-



## الباب السابع

### آثار الرطوبة - الطبقات العازلة للحرارة والرطوبة - تخفيض مياه الرشح

ينقسم هذا الباب إلى ثلاثة فصول :

أولاً : آثار الرطوبة في إحداث تصدعات المبنى وطرق التعامل معها .

ثانياً : الطبقات العازلة للحرارة والرطوبة .

ثالثاً : تخفيض مياه الرشح وحماية الأساسات .

#### الفصل الأول

آثار الرطوبة في إحداث تصدعات المبنى وطرق التعامل معها .

تؤدي الرطوبة النافذة ضمن مواد البناء إلى تأكلها وصدأ وانتفاخ أسياخ الحديد وتفاعلات كيميائية تنتج عن الأملاح التي تحملها المياه من التربة ومجموعة من التغيرات الحرارية التي تؤدي لتغير الحالات الإجهادية في العناصر الإنشائية وهذا يؤدي إلى تحركات نسبية فيها مجموعة هذه الأمور قد تؤدي لتصدع المنشأ . تأتي مصادر الرطوبة الأساسية إما من الرشح من تهديدات المبنى المختلفة ( مياه شرب - صرف صحي - أمطار ) وإما نتيجة لمطول الأمطار وإما نتيجة رشح المياه الجوفية وإما للرطوبة الصاعدة بالخاصة الشعرية وظاهرة الانتشار ، وستعرض لبعض الأسباب والحلول لتلاشي هذه الأسباب وتتنوع مصادر الرطوبة في الآتي :-

١ ) رشح ناتج عن تهريب التهديدات الصحية ( شبكات مياه شرب - صرف صحي - أمطار ) .

٢ ) رشح ناتج عن تغلغل المياه الجوفية عندما تكون مناسيبها مرتفعة .

٣ ) رشح ناتج عن المطولات المطرية ( rain falls ) ( مطر - للبحر - صقيع ) .

٤ ) رشح ناتج عن صعود الماء الجوي بالخاصة الشعرية نتيجة للضغط المسامي ( capillary action ) وعملية الانتشار ( Diffusion ) .

- دراسة لكل نوع من أنواع الرطوبة :

قبل المضي في اختيار علاج ما لبني أصابته آثار الرطوبة لا بد من تحديد سبب المشكلة بدقة ، إذ أنه لكل حالة العلاج المناسب بها وللتلليل على أهمية ذلك نعطي الأمثلة التالية :

أ) لا جدوى من عزل سقف المبنى ، إذا كانت الرطوبة ناجمة عن تهريب أنابيب صرف الأمطار ، بل ذلك ربما يزيد المشكلة وإنما يجب سد مكان التهريب .

ب) إذا ابتلت لشخص ما ثيابه بسبب الأمطار فلا فائدة من وضع واق من البلاستيك فوق ثيابه المبتلة بشدة لأن ذلك سيمنع المياه التي دخلت مسبقاً من التبخر ، وهذا سيؤدي لزيادة المشكلة لا إلى حلها وعلى نفس المنوال فمن الخطأ الشديد التفكير بعزل السطوح الخارجية لمبنى ما بوضع مواد عزل عليها إذا كانت مشكلة الرطوبة تأتي من رشح الماء من التربة بل إن ذلك سيقعد المشكلة لأن المياه الداخلة لن تتمكن من التبخر من خلال السطوح الخارجية للبناء ، لذلك نقول بأن مسألة عزل السطوح الخارجية للجدران ليست صحيحة على الدوام بل يجب معرفة سبب الرطوبة ومعالجته بالشكل المناسب ونوصي بعدم بحث مسألة دهان سطوح الجدران الخارجية لأنها ستبخر بشكل طبيعي إلا إذا تغذت آثار الرطوبة إلى سطوح الجدران الداخلية .

وستستكمل فيما يلي على كل نوع من الأنواع المذكورة أعلاه بالتفصيل :

١ ) الرشح الناتج عن تهريب التهديدات الصحية :

يمكن أن تأتي الرطوبة نتيجة لتهريب التهديدات الواقعة داخل أو خارج المبنى والتي يمكن أن تكون :

١ ) شبكات المياه المضغوطة ( مياه الشرب ) .

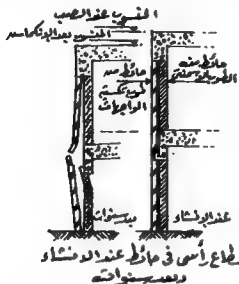
٢ ) شبكات مياه الصرف الصحي .

٣ ) شبكات تصريف مياه الأمطار ( أو النوازل المطرية ) .

ويكفي قليل من المنطق على المصمم للحكم إن كان الرشح ناجماً عن إحدى هذه الأنواع ذلك عندما تظهر آثار الرطوبة بجوار الأنابيب بشكل لا ترتبط معه مباشرة بالأحوال الجوية السائدة ، وللتأكد من مصدر الرشح يمكن إغلاق طرف الأنابيب المشكوك فيها إذا كانت الشبكة ظاهرة فإذا انقطعت الآثار فهي قطعاً من هذه الأنابيب أما إذا كانت الشبكة ضمن الجدار فتتضح

بتعليم مسار الأنابيب المراقبة لفترة للحكم إذا كان التهريب ناجماً عنها .

غير أن الوضع قد يتعدّد أحياناً فقد يحدث أن ترى آثار الرطوبة على جدار لا توجد فيه أية تمديدات أى يخفى مصدر التهريب الحقيقي بحيث تنص الجدران الرطوبات وتنقل ضمنها إلى مواقع أخرى على بعد عدة أمتار عندها تنصح بمراقبة الآثار الظاهرة فإن صدر عنها روائح كريهة فهذا يعنى أن التهريب ناتج عن شبكات الصرف الصحي وإذا انقطعت الآثار في فترة إغلاق عداد مياه الشرب فيجب إيلاء الاهتمام للشبكات الضخوة وإذا زاد تركيز الآثار في فصل الأمطار فيجب الاهتمام بالتوازن المطرية .



على كل حال في الأغلب يأتي التهريب من الشبكات إما من واقع عدم التنفيذ الصحيح للوصلات وهنا يظهر الرش حديثاً في المبنى ويوصى عندها بالاهتمام بالأكواع ومناطق اتصال الأنابيب ، وإما نتيجة لتآكل الأنابيب مع طيلة الاستخدام لذا ينصح باستبدال شبكات المياه من كل عشرين إلى خمسة وعشرين عاماً من عمر المبنى .

ونوه هنا أن علاج هذا النوع من الرش لا يحل المشكلة جذرياً في يوم أو يومين فحسب سماكة الجدار ودرجة رطوبة الجو يمكن أن يخف آثار الرطوبة بعد سد مصدر التهريب من شهرين إلى ستة أو أكثر على كل حال يجب أن نضع في البال أن آثار الرطوبة السطحية لا تختفي إلا في اللحظة الأخيرة ، وللحكم على نجاح العلاج يمكننا الاعتماد على أمرين :

- (١) إذا لم تتزايد المشكلة في فصل الأمطار .
- (٢) إذا خفت الآثار ولو بشكل مؤقت عقب تدفئة مركبة في المكان .

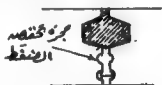
## (٢) الرش الناتج عن الهطولات المطرية :

تظهر حادثة التفتت بسبب تساقط مياه الأمطار المستمر على أسطح وجدران البناء غير المهيمة جيداً وتلاحظ تآكل طبقة البياض وظهور أسياخ التسليح .

كما تتعرض الجدران الخارجية للبناء إلى أحوال إضافية لم تصمم أصلاً لمقاومتها فيؤدي امتصاص مياه الأمطار واختلاف عوامل التمدد لمواد البناء إلى انكماش الهيكل الخرساني وانتفاخ جدار التغطية الخارجي ( طوب - خزف ) غير الحامل إنشائياً

(Non-load bearing) مما يعرضه لخطر التصدع والانهار وتزيد هذه الشقوق ( لاتساعها أحياناً ) من مقادير مياه الأمطار المتسربة لداخل البناء وبذلك يزداد ضعف الهيكل وتنفذ منطقة الجدار المتصدعة كفتات في العزل الحراري وترفع نسبة الرطوبة الداخلية وما إلى ذلك والشكل التالي يبين مقطع في جدار البناء الخارجي وتتخذ عادة إجراءات وقائية في التصميم وذلك بوضع فواصل تمدد عند المناطق القابلة للتشقق بفعل انكماش الجدران

بينما يراعى في المنشآت الخرسانية سابقة الصنع أن تصمم شفاه لمناطق الوصل كما في الشكل التالي أى يجعل تجويف يدعى حجرة خفض الضغط ومهمته سحب الماء قبل نفوذه للداخل .



## منطقة وصل بين عناصر سابقة الصنع

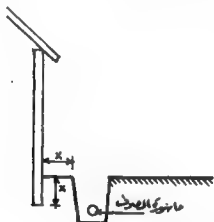
وتظهر آثار هذا النوع من الرطوبة بشكل عام في القسم الأعلى من الجدران وتنادر ما تصل إلى مستوى الأرض غير أنه بالنسبة للأبنية غير المجهزة بميول وشبكات لتصريف الأمطار قد يحدث أن تمتص الجدران المياه وتنقلها لتظهر في منتصفها أو على القاعدة بشكل قد يبعثنا لغلط بيننا وبين الرطوبة الناتجة عن الصعودات الشعرية والتي سنشرح فيما بعد على كل حال ننصح بشكل عام عند علاج مبنى مصاب بالرطوبة في منطقة كثيرة الأمطار البدء بتحقيق ميول على السطح وشبكات صرف المطر سليمة وبشكل مناسب .

ولا ننصح البدء بعملية العلاج إذا كان مازال الجو ممطراً ، ويفضل الانتظار ربما يتعدل امتصاص الرطوبة من الجدار بالتبخير من على سطحه والعلاج يمتد على تغطية الجوانب بمواد عزل مختلفة حسب طبيعة الحالة وننصح بالاستعانة بالجدول التالي الذي يعطي الحلول المثل لكل من الرطوبات المطرية والرطوبة الصاعدة بالخاصة الشعرية .

## ٣) الرشح الناتج عن المياه الجوفية :

من أهم مشاكل أبنيتنا عندما تقع في مناطق ذات مياه جوفية سطحية ( قليلة العمق ) ويحدث ذلك من انضمار التربة في موقع البناء بالماء سواء بشكل مستمر لوجودها أمام مجرى ماء دائم ( نهر - بحر ) أو بشكل متقطع نتيجة لتجمع مياه الأمطار في فصل الأمطار .

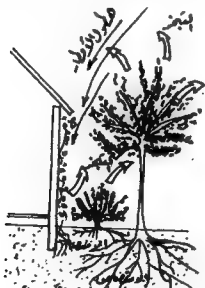
وترشح هذه المياه ضمن الخرسانة غير المعزولة جيداً بحيث تظهر آثارها جلية على أرضية البldroom وفي الجزء السفلي من الجدران وتتميز هذه الآثار بعشوائيتها وأنها لا تتعدى بالكاد ارتفاع مقداره من ( ٣٠ ) إلى ( ٤٠ ) سم فوق مستوى الأرض وأنها مستمرة نوعاً ما ويمكن رؤيتها بسهولة ، وتؤدي إلى ابتلال الموكيت أو السجاد وتلف أعمال البياض والدهان ، وقد تؤدي لإتلاف التجهيزات الكهربائية ناهيك عن الأملاح التي تحملها هذه المياه من التربة والتي تقدم ذكر ضررها فهي تأكل الخرسانة وتساهم في زيادة تأكسد التسليح ، ونود أن نشير هنا إلى أن عدم إزالة الأملاح المتراكمة على سطوح الجدران من شأنه أن يؤدي إلى ارتفاع أكبر في المنسوب الذي تبلغه الرطوبة إذ تؤدي الأملاح التي تتراكم إلى زيادة قدرة المسامات على امتصاص المياه ، وبالتالي ارتفاع منسوب الرطوبة إلى مناسيب أعلى في الجدران .



نظام الصرف في مجرى صين

## ج) دور الأشجار :

تساهم الأشجار والنباتات المغروسة بالقرب من الجدران للمبنى ليس فقط بتشكيل دور حاجز حماية لها من الأمطار وإنما تلعب دوراً مفيداً جداً عندما تمتص جذورها الماء المختزن في التربة وتضخه خارجاً عبر أوراقها بفعل التبخر كما في الشكل التالي :



تلعب الأشجار دوراً هاماً في حماية المبنى من آثار الرطوبة

وقبل المضي في اختيار طريقة العلاج المثلل نوصي بالتحقق من أن المشكلة هي فعلاً نتيجة المياه الجوفية وأنه لا يوجد سبب أساسي آخر متوافق معها ، ويعتمد العلاج على أسلوبين وهما :

( ١ ) استخدام طريقة عزل للمنشأة إزاء الماء الجوفي كما تعزل قارب بالماء .

( ٢ ) بناء صرف فعال حول موقع البناء لإخراج المياه بعيداً عنه .

## أ) العزل : Isolation

ويستخدم عندما تقع الأبنية في مياه جوفية دائمة أي عندما تقع بمجوار الأنهار أو البحار ويحدد اختيار طريقة العزل على ما يلي :

- (١) نوعية المنشأ ووظيفته عند الاستئجار .
- (٢) نوعية الأساسات وعمق التأسيس .
- (٣) عمق المياه الجوفية واختلاف منسوبها .
- (٤) نوعية التربة المحيطة بالمنشأ لكي لا تؤدي التربة الملحية إلى تآكل مادة العزل .
- (٥) حاجة المنشأ إلى تدعيم من الجدار المحيط بها .

وبنفذ العزل في منطقة قاعدة البناء وجوانبه الحاسية للمياه الجوفية ، ويجب أن تتوفر بمواد العزل عدة شروط كالقوة ضد



وتختلف المواصفات المطلوبة من المواد العازلة باختلاف الأماكن التي سيتم عزها وذلك لاختلاف ضغط المياه وطبيعة التربة والمباني القائمة عليها، والأسس التي يقوم عليها التنفيذ يمكن تلخيصها كالآتي :

١ - يجب أن تتركب الطبقات العازلة البيتومينية على يياض أتمتت مكون من مونة الأتمتت والرمل مع كسر السوك وملء الزوايا ولف الأركان بالزجاجات قطر ٨ م .

٢ - يجب أن تدعن طبقة البياض المذكورة بدهان غمضوى وليكن نيزول ( ب ) بمعدل ٢٣ كجم / م<sup>٢</sup> لسد المسام والمساعدة على التماسك بين الطبقة العازلة والخرسانة وضمان سلامة عملية اللصق باستخدام البيتومين المؤكسد .

٣ - يتم لصق الطبقات العازلة البيتومينية بحيث تكون هناك مسافة ركوب عند الجوانب لا تقل عن ١٠ سم ومسافة ركوب عند النهايات لا تقل عن ١٥ سم .

٤ - البيتومين المؤكسد المستخدم في اللصق يجب أن تكون حرارته عند الاستخدام ١٥٠ - ١٦٠ °C .

٥ - يجب أن يكون السطح الذي تلتصق عليه الطبقات العازلة نظيفاً وجافاً تماماً ويجب سحب مياه الرشح بأي طريقة حتى يتم التأكد من جفاف السطح الذي يوضع عليه الطبقة العازلة .

٦ - إن جميع الأعمال المرصدة لمياه الرشح يجب تنفيذها فوق الطبقة العازلة .

٧ - يراعى أن تلتصق المواد العازلة التي أساسها الخيش أو المعادن بالحوائط وذلك بطبقة مستمرة بارتفاع ٢٥ - ٣٠ سم ثم تنطى بالبياض أركان العزل من الداخل وإذا كان العزل من الخارج يجب أن تبنى خلف الطبقة العازلة ٢/١ طوبة .

٨ - في حالة استعمال طبقة عازلة من الأتمتت المحلول بالرمل يجب أن تكون الخلطة في حالة جيدة ومتجانسة ويجب أن تعمل طبقتين كل طبقة في اتجاه عكس الأخرى .

٩ - في حالة استعمال البيتومين العادي يسرى عليه جميع الشروط عالية للطبقات العازلة ويجب وضع المواصفات العامة والأسس التطبيقية للصلق الطبقات العازلة .

والأشكال التالية تبين الرسومات التفصيلية والأعمال الهامة من الطبقات العازلة :

يقتضى هذا النظام بأن نضمن داخل جدران المنشأة شريط نحاسي بشكل يوزم معه كامل المنشأة من الداخل والخارج ومن ثم تزرع ضمن التربة المجاورة قضبان نحاسية ذات رؤوس فولاذية بعمق من ٣ إلى ١٠ سم ( كلما ازدادت رطوبة التربة كلما تطلب زيادة العمق ) وبالإوصل بين الحزام والقضبان نكون قد حققنا الدائرة القصيرة المطلوبة ، ويمكننا قراءة مقدار التيار المار بين القضبان والحزام باستخدام مقياس كهربائي جلفاني galvanometer .

والشكل السابق يبين استخدام طريقة ايتير ythier لملاج الرطوبة الشعرية .

مردود هذه الطريقة قد يحتاج إلى بعض الزمن إلا أنها تلغى الرطوبة بشكل كل ونهاى كما في الشكل السابق .

وأخيراً نقتراح الجدول التالي الذى يعطى الحلول المثل لكل من الرشحات المطربة والرطوبة الصاعدة بالخاصة الشعرية

| صعود الرطوبة بالخاصة الشعرية | ظواهر الرطوبة بالمحولات للتربة | طريقة المعالجة   |
|------------------------------|--------------------------------|--|
| متدوم                        | كثيف                           | تكسية خارجية كثيفة .   |
| متوسط                        | كثيف                           | تكسية خارجية كثيفة ومعالجة الرطوبة الشعرية عن طريق تسريع البخر الداخلي.    |
| قوى                          | كثيف                           | تكسية خارجية كثيفة ومعالجة الرطوبة الشعرية عن طريق نظام السيورانات الجوية. |
| متدوم                        | متوسط                          | تكسية خارجية كثيفة .   |
| متوسط                        | متوسط                          | تكسية خارجية سلبية ومعالجة الرطوبة الشعرية عن طريق تسريع البخر الداخلي.    |
| قوى                          | متوسط                          | تكسية خارجية سلبية ومعالجة الرطوبة الشعرية عن طريق السيورانات الجوية .     |

## ثانياً : الطبقات العازلة للرطوبة والحرارة :

لن أكتب أكثر مما كتبت في الموسوعة الهندسية للمواصفات والتصميمات ومعدلات المواد للمعالجة وإنشاء المباني والمرافق العامة بالطبقة الخامسة ولا يمكن أن أكرر نفس ما كتبه وحيثذ سأكرر نفسى ولكن سأطرق رؤوس المواضيع والنود ومن يرد الاستزادة يرجع إلى الموسوعة الهندسية .

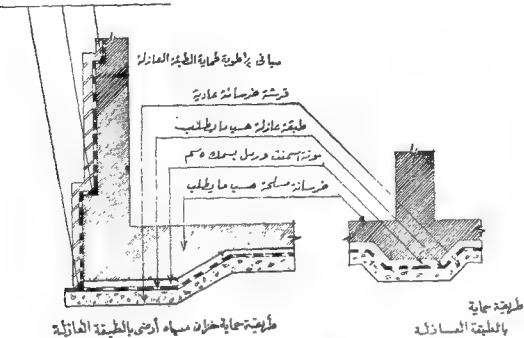
## الفصل الثاني

### أولاً : الطبقات العازلة للرطوبة :

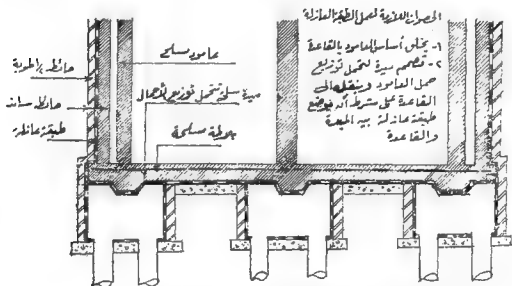
#### مواصفات عامة للطبقة العازلة البيتومينية :

تتلخص مواصفات الطبقة العازلة بتحديد المتطلبات التي يجب توفرها في الطبقة العازلة ( البيتومينية ) المستخدمة في أغراض العزل ضد الرشح والرطوبة ومياه الأمطار والمياه الجوفية وفي المنشآت بمختلف أنواعها والمصانع والكبارى والأنفاق والأعمال الصناعية المختلفة .

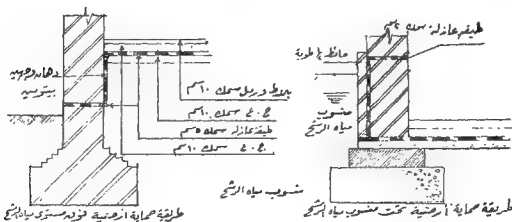
ممر زوايا التقاطع بين البيوتروميه



طريقة حماية خزان مياه أرضي بالطبقة العازلة



طريقة حماية بدوم الخاء من الضربة للسلحه بحمل على خوازيق





## أنواع الطبقات العازلة :

بند (٥) : ألياف زجاجية مشبعة بالبيتومين إما أن تكون منفصلة بالرمال الناعم وتصلح للحمامات والبدرومات ، وإما أن تكون فقط بمجيبات معدنية وتغطي قيمة جمالية للسطح وتصلح لعزل الرطوبة وانعكاس الشمس ، وإما أن تكون أليافاً زجاجية بيتومينية ذات فضحات تصلح للتبوية .

بند (٦) : طبقة عازلة أساسها من الألياف نباتية أو حيوانية وتستعمل لحماية الأرضيات وأساسات المنشآت من المياه الجوفية وعزل التكتات .

بند (٧) : شرائح بيتومينية أساسها القطران وتستعمل عندما يكون مطلوب طبقة عازلة لينة سهل التشكيل والانصاف في الأركان .

بند (٨) : شرائح بيتومينية أساسها ألياف حيوانية وتستعمل لطبقة أولية لحماية الأرضيات من المياه الجوفية والرشح .

بند (٩) : طبقة عازلة أساسها معدن إما من الألومنيوم أو الأسبستوس أو قماش الجوت أو ألياف حيوانية أو الأسبستوس والألومنيوم .

بند (١٠) : العزل على البارد :  
تتميز المستحلبات البيتومينية على البارد بسهولة تشيئها ، ويمكن تشيئها على الأسطح الرطبة دون أن يحدث فصل بين السطح والبيتومين وله قدرة التصاق كبيرة بالأسطح ، ومن أحسن مميزات أن يتفاعل ويتغلغل داخل الخرسانة ويصلحها صماء والسائد في أعمال المباني نوعان :

### البيروتكت : Bitumen emulsion

يستعمل هذا البيتومين على البارد ( يدهن به الأسطح الخرسانية والمباني الطوب بعد نظافتها جيداً مباشرة أو بعد تخفيفه بالماء ويدهن أول وجه تحضري بطبقة من البيروتكت الخفيف بالماء بنسبة ٢:١ ثم يتم دهان وجهين متتاليين بفواصل زمنية لا يقل عن ٦ ساعات ويتم التفاعل بعد دفائه بتبخير الماء العالق بالبيتومين وتصبح الطبقة المتصلة عازلة للرطوبة .



دهان البيروتكت بطريقة الرش

١ - طبقة عازلة مكون أساسها من أسفلت ويكون المستعمل على هيئة أقراص لاستعماله في أى غرض وتكون مركبة من مسحوق الحجر الجيري والبيتومين النقي بنسبة ١٢٪ إلى ١٧٪. ويجب أن يكون الأسفلت خالياً من الزيت أو القطران أو أى مواد غريبة .

٢ - الدهان بالبيتومين وأساس البيتوم اللزج أو السائل ويجب أن يكون طبيعياً خالياً من الزيت أو القطران .

٣ - شرائح بيتومينية على أساس من الجوت مشبعة ببيتومين عادي درجة لدونته من ٦٥° : ٨٠° م .

٤ - شرائح بيتومينية على أساس من البارد وتكون من شرائح اللباد المعالج بمواد بيتومينية يجعلها غير منفذة للمياه كلياً أو جزئياً .

٥ - شرائح بيتومينية على أساس من الألياف الزجاجية وتكون من ألياف زجاجية مرتبطة بمادة راتنجية ولا تحتاج لعملية تشييع وتكسى بالمادة البيتومينية من كلا الوجهين .

٦ - شرائح بيتومينية على أساس من الألياف النباتية أو الحيوانية وتكون من أساس قماش الجوت أو القطران أو الكتان أو لب الخشب أو الشعر أو الصوف المشبعة والمكسية بالبيتومين من كلا الوجهين .

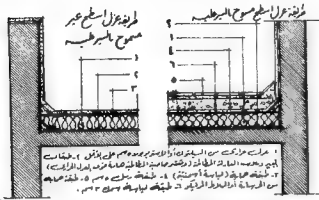
٧ - شرائح بيتومينية على أساس من صفائح معدنية وتكون من أساس من الأسبستوس أو من الألومنيوم أو النحاس أو الرصاص المكسية بالبيتومين من وجه واحد أو كلا الوجهين علماً بأن أساس كل من الأنواع بالبند ٤، ٣، ٥، ٦ له وزن وسبك يتلاءم مع شروط استخدامه ، وسنبين استعمال كل نوع واستخدامه ومعدلات المواد والمعالجة الخاصة به .

بند (١) : طبقة عازلة من الأسفلت : وهي خليط من الأسفلت والرمال وتوضع بسبك ٢ سم بعرض المباني بتناقص ٢ سم على أن توضع لياقة أمميتية بسبك ٢ سم تحت وفوق الطبقة العازلة على الحوائط وتعلو الرصيف بمقدار ١٥ سم .

بند (٢) : دهان وجهين بيتومين : وهو بيتومين ساخن ويدهن منه ثلاثة أوجه وتصلح لحوائط البدرومات الرأسية وللأسقف .

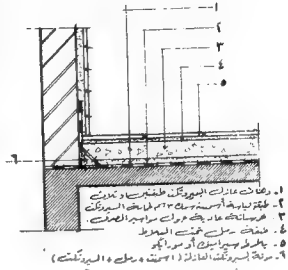
بند (٣) : لباد مكسى من الوجهين بالبيتومين المؤكسد : هو لباد مكسى بالبيتومين ويستعمل في أسطح المباني العادية ويتم دهان طبقة البيتومين ثم طبقة لباد ثم طبقة دهان ثم طبقة دهان على أن يتم عمل وزرة تكون أعلا من البلاط بمقدار ١٥ سم .

بند (٤) : عيش مشبع بالبيتومين العادي ويستعمل مثل بند (٣) بدل اللباد .



يعتاز البيروبلاتست بالطبقات العالية بعد الفصل

والشكل التالي بين طريقة عزل دورة مياه حمام بالبيروكت



## ١١ - البيروبلاتست : Bitumen latex emulsion

والبيروبلاتست مستحلب يتوحيث في حالة سائلة يمتاز بمطاطية عالية بعد التصلد ويبقى محفوظاً بخواصه وغر منفذ للماء في درجة الحرارة العالية والمنخفضة من ٢٥، ١٠٠م وبظل عالي المرونة حتى لو تعرض للشد أو الإطماط من ٣:١٠ أمثال طوله الأصل ويستعمل في عزل المنشآت الضخمة المعرضة للاهتزازات كالصناعات والكبارى والمنشآت التي يتحمل حدوث شروخ صغيرة في قشرتها الخرسانية نتيجة الانكماش والتجدد ، ومن أحسن الأنواع في عزل الأساسات ويستعمل بعد النظافة الجيدة بوجه برامير تحضري من البيروكت السابق المخفف بنسبة ٢:١ أو من البيروبلاتست بنسبة ٣:١ ثم يدهن بعد ذلك السطح وجهين أو ثلاثة بفارق زمني ١٠ ساعات على الأقل ويستحسن عمل طبقة كل يوم .

ملحوظة : النوعان السابقان يتم تصنيعهم بالطريقة الآتية :  
يسخن البيتومين العادي ٧٠:٨٠ حتى درجة الإسالة .  
(ب) يتم وضع مواد كيميائية في حلة الخلط التي تساعد على التصاق البيتومين العادي بالأسطح الخرسانية ولها مميزات أخرى .

(ج) يصب البيتومين على المسائل الكيميائي دفعة دفعة والخلط يعمل في حوالي ٨٥٠ لفة حتى تضمن مزج البيتومين جيداً ويتيج البيروكت .

(د) في حالة إنتاج البيتومين المطاطي يضاف مادة مطاطية ( الكلة ) إلى الخليط السابق وتزداد السرعة للخلط حتى يتم امتزاج هذه المواد جميعها مع بعضها .

والشكل التالي بين طريقة عزل سطح عمادة البيروبلاتست كعازل للرطوبة وطبقة من السيكتون كعازل للحرارة .

## ١٢) البيتومين على البارد العاكس لأشعة الشمس : Alford Bitumen

يدخل في تركيب هذا النوع مادة الألومنيوم على هيئة عجينة ويكون لونه بعد الدهان فضي غامق ورغم أن هذا النوع يؤدي إلى عزل الرطوبة ويساعد على عكس أشعة الشمس ، لذلك يصلح لدهان الأسطح المائلة ولأسقف مزارع الدواجن .

### (١٣) إضافات منع النفاذية في الخرسانة :

تستخدم هذه المواد لمنع النفاذية وذلك في حالة الاحتفاظ بنسبة الأسمنت للمياه water cement ratio w/c وغالباً ما تكون نسبة المياه ٥٠% من وزن الأسمنت ، كما يجب استعمال الخلط الجيد في زمن معدد والدمك الجيد والمعالجة بالرش للخرسانة لمدة لا تقل عن ١٥ يوماً مع وجود الشدة الحشوية .

### المواصفات لمواد الإضافة وتقتصر في ثلاثة أنواع :

(١) مادة تتضم للمواصفات الأمريكية A.S.T.M.C.494 Type B وهذه الجرعة تصلح من ٣٪ إلى ٢٪ من وزن الأسمنت أو ١٣٪ إلى ١,٣٪ لتر لكل ٥٠ كجم ويرجع إلى استعمال هذه المادة ضمن مواد الإضافة السابق شرحها .

(٢) مادة اللجنين سلفونات مع بعض الإضافات الكيميائية وتضاف هذه المادة بنسبة من ٢٪ إلى ٤٪ من وزن الأسمنت .

(٣) مادة سيلكات الصوديوم البودرة وهو نوع يضاف إلى

ماء الخلط بنسبة  $\frac{1}{4}$  كجم إلى شيكارة أمخت ، والنوع الثاني وهو السائل ويكون شفافاً وهو معروف قديماً بماء الزجاج ويعطى نتائج أفضل من نوع البودرة ويضاف بنسبة  $\frac{1}{4}$  كجم لكل شيكارة أمخت .

(١٤) عزل الأساسات كيميائياً :

إذا كانت الأساسات ستعرض لمواد كبريتية فيجب استخدام أمخت مقاوم للكبريتات وقبل البدء في عزل الأساسات يتم عمل ترميم لأي تمشيش بمونة متكشمة وغير منفذة للماء ، وذلك بعد النظافة الجيدة من الأتربة والشوائب ، ثم على ذلك دهان وجه تحضيري من براير لبوكسي ، ثم على ذلك دهان وجهين من الأيوكسي القاروم للكمالويات وغير منفذ للماء .

(١٥) الواتر استوب : water stop

يتم وضع الواتر استوب بعد صب أرضية الخزان أو البدروم ويوضع عموماً على الأرضية بين حديد التسليح الخاص بالخطاط المسلح فيمنع تسرب الماء في الوصلة بين عرسانة الخطاط والأرضية ويجب العناية بتثبيت الواتر استوب في المكان المطلوب استعماله فيه وهذه المادة من المواد الفعالة التي تستخدم في أعمال الخرسانة في المنشآت الكبرى مثل الخزانات الأرضية والبدرومات وهو عبارة عن شريط P.V.C ارتفاعه من ١٥ سم إلى ٣٠ سم بأطوال تصل إلى ٥٠ م .

## ثالثاً : العزل بمواد إشراب الأسطح وإضافات الخرسانة

### ١ - مواد إشراب الأسطح :

وهي مواد لا لون لها ولا تؤثر على لون الخرسانة ، ويمكن الحكم على صلاحيتها في كل حالة باختبارها كهربائياً وميكانيكياً .

### (أ) فلوريد السيليكون :

وهذه الفلوريدات عبارة عن أملاح هيدروفلوريد السيليكون (يدس فوب) ولهذا الغرض فإنه ليس من المناسب استخدام أملاح سيليكوفلوريدات البوتاسيوم والصوديوم والنشادر بينما يمكن استخدام أملاح الرصاص والألونيوم والزنك والمغنسيوم ، وواضح أن هيدروكسيد الكالسيوم وكربوناته المتكونة أثناء عملية شك وتصلب الأمخت تتحول إلى سيليكوفلوريدات الكالسيوم . وبهذه الطريقة فإنه في الوقت الذي يتصلب فيه السطح فإن الأملاح المتكونة غير الفلزية في الماء تساعد في قتل المسام بسبب زيادة حجم الأملاح .

### (ب) ماء الزجاج السائل :

وأنسبها هي أملاح سيليكات الصوديوم والبوتاسيوم ويتبع

عن استخدامها مع الأمخت تحول الكالسيوم الموجود به إلى سيليكات كالسيوم وبكس ما يحدث في حالة سيليكوفلوريدات التي تحوى على أحماض حرة فإن التأكسدة بمحلول ماء الزجاج وحدها لا ينتج عنها إحكام الأسطح ، ويمكن معالجة الأسطح الكسبية بماء بواسطة أحماض معدنية مخففة ( كحمض الهيدروكلوريك أو الكبريتيك ) وبسبب ذلك إحكاماً للسطح نتيجة لتولد حمض السيليسيك ، ويجب غسل السطح عقب المعالجة الحمضية بالماء .

### ٢ - مواد إضافية للخرسانة :

#### (أ) مواد مائلة للمسام :

وهي تتكون من مواد غير قابلة للذوبان في الماء أساسها صابون مبنى على قلويات أرضية ومحاليل مركبات الألونيوم وحمض السيليسيك .

#### (ب) إضافات لتقليل نسبة الماء إلى الأمخت :

وهذه الإضافات يتوقف مفعولها أساساً على إنقاص الشد السطحي لماء الخلط مما يضمن توزيعاً لجزيئات الأمخت وبالتالي نعيمته بالإضافة السابقة .

بالإضافة إلى المواد السابقة ظهرت في جمهورية مصر العربية استعمال مادة الفاندكس ومستعملوها بشيء من التفصيل لأنه قد ثبتت صلاحيتها وانتشرت وظهرت نتائج طيبة .

### مادة فاندكس (VANDEX) العازلة

#### للمياه والرطوبة

#### تعريف بهذه المادة (فاندكس) :

١ - فاندكس هو اسم تجارى مسجل لاكتشاف دالمركي معروف على نطاق العالم كله ، وهو أيضاً اسم هيئة عملة في أكثر من (٣٠) ثلاثين دولة في العالم لإنتاج العديد من مستحضرات فاندكس (VANDEX) المستخدمة في وقاية الخرسانة وعزلها عن المياه .

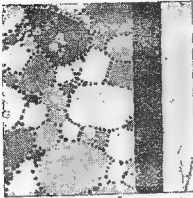
٢ - ولقد تم اختبار هذه المادة معملياً فأثبتت أنها تقاوم ضغوط المياه العالية حتى ١٢ جوى وبهذا يمكن استخدامها بكفاءة تامة في جميع المنشآت المائية من رى وصرف وتخزين وكذلك جميع المنشآت البحرية ، بالإضافة إلى استخدامها في خزانات المياه والأسقف والمباني والأرضيات .

٣ - تصنع مادة فاندكس (VANDEX) من الرمال النقية والأمخت وبعض المواد الكيميائية النشطة ، وهي عبارة عن مادة تناب في الماء وتدهن بالفرشاة وهي لا تعمل طبقة مثل البياض .

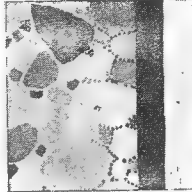
٤ - تختلف مادة فاندكس (VANDEX) في عملها عن الأسلوب التقليدي لمواد عزل المياه عن طريق طبقات سطحية تغطي بها الخرسانة ( غطاء عازل للخرسانة مثل الأسفلتويد-

ذرات المياه من مسام الخرسانة بينما تستقر بلورات فاندكس داخل الخرسانة وهذا يعنى أن تصبح الخرسانة عازلة للمياه .

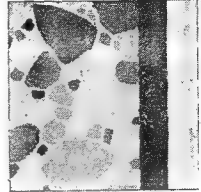
رابرود- خيش مقطون ) حيث إنه بمجرد وضع طبقات فاندكس على الخرسانة تبدأ سلسلة من العمليات الكيميائية ينتج عنها اختراق مادة فاندكس في أعمال الخرسانة طاردة أمامها



انتهت مرحلة تغلغل الفاندكس محل المياه وأصبحت الخرسانة صماء لا ينفذ منها الماء



سلسلة من العمليات الكيميائية وينتج عنها اختراق مادة الفاندكس في أعمال الخرسانة طاردة الماء أمامها



دهان مادة الفاندكس في البداية ولم يظهر تأثيرها في الخرسانة

الطويل من التأثير الضار لهذه المواد على سلامته .

### استخدامات مادة (VANDEX) العازلة للمياه والرطوبة

٣ - تستخدم مادة فاندكس في دهان الأسقف المسلحة وتلك التي يتم تنفيذها على شكل عقود أو سن المشار أو قباب أو غيرها من الأشكال المعمارية ، وبدهان هذه الأسقف بمادة الفاندكس فإن الأمر لا يحتاج بعد ذلك إلى تغطيتها بالدفرة أو بخرسانة الميول أو البلاط إذ أن طبقة الفاندكس لا تتأثر بالعوامل الجوية وتمنع التشققات الشعرية في الخرسانة وبذلك تحف الأحمال على الأسقف وبالتالي على أساسات المنشأ ، مما يؤدي إلى وفر في تكاليف الإنشاء .

١ - تستخدم مادة فاندكس في قواعد وأساسات المنشآت تحت منسوب المياه لمنع وصول المياه الكبريتية وغيرها إلى الخرسانة وبالتالي تمنع وصول تأثير المياه إلى حديد التسليح لحمايته حماية كاملة وصولاً للمحافظة على سلامة المنشأ ، وذلك بإضافة فاندكس سوبر (SUPER VANDEX) وذلك في حالة الخرسانة الجديدة في بداية الإنشاء .



طريقة مزج طرد سوبر فاندكس بمادة الفاندكس

٤ - إن استخدام فاندكس يلبي الحاجة إلى يابض أو دهان الأسقف حيث تكسب منتجات فاندكس المنشآت المستخدمة معها الألوان الآتية :

(أ) اللون الرمادي (لون الأسمت الطبيعي) .

(ب) اللون الأبيض .

(ج) ألوان الباستيل الفاتحة .

٥ - كذلك تستخدم مادة فاندكس أيضاً في حالات تسرب المياه في الأحوال العادية وكذا الخاصة التي تخضع للضغط العالي في المنشآت الخرسانية المختلفة وخزانات المياه ، ويمكن معالجة جميع مشكلات الرشح فيها وكذلك تسرب المياه منها دون تفريغها من المياه أو إيقاف العمل بها وذلك بعمل عجينة من فاندكس كويك (QUICK VANDEX) وتسدها بالماء في الحال ثم يتم دهان المنشأ بطبقة من مادة فاندكس برينكس (BRINX VANDEX) .

٢ - تستخدم مادة فاندكس لدهان أسقف وحوائط مباني المصانع المختلفة من الداخل لمنع تسرب الأبخرة والرطوبة المحملة بالمواد الكيميائية إلى الخرسانة ، وفي هذا حماية لحديد التسليح من وصول هذه المواد الضارة إليه وحتى إذا ما حدث تشققات شعرية لا تزيد عن نصف مليمتر وبذلك تحمي المنشأ على المدى

بند (١٢) - بالمقر المسطح : توريد وعمل مادة الفاندكس VANDEX حسب المواصفات عالية :

(أ) مباني تنشأ حديثاً ويراد عزها .

**معدلات العمالة :**

عامل ممتاز + صبي + عجان يتنجون دهان :

(أ) ٣٥ م<sup>٢</sup> في المباني التي أنشئت حديثاً وتعالج بمادة فاندكس .

(ب) ٢٥ م<sup>٢</sup> في المباني التي أنشئت وظهر بها عيوب الرش

تعالج بهذان الفاندكس أيضاً ، ويكون في هذه الحالة كل شيء معد للتشغيل بدون تعطيل هؤلاء العمال .

(ج) في حالة سد الخروم يمكن التقدير حسب طبيعة الحالة .

هنا بخلاف العمالة المطلوبة للنحت أو إزالة طبقات عازلة

قديمة أو يياض أو خلاخه ، أى أن المعدلات عالية في حالة ما

تكون الأسطح جاهزة ومعدة للتشغيل .

(ب) مباني أنشئت وعزلت بأى طريقة سابقاً ولكنها ما

زالت ترشح .

(ج) مباني بها خروم يتدفق منها الماء .

**معدلات المواد للفاندكس :**

في الأسطح الحديثة يلزم لكل م<sup>٢</sup> ١ كجم فاندكس سوبر

SUPER VANDEX ، وفي الأسطح القديمة التي تم بناؤها

وظهر فيها عيوب الرش دون خروم فيلزم للمتر المسطح ١,٥

كجم فاندكس بريمكس .

وفي المباني التي بها خروم وتنتقل منها المياه غزارة فتحتاج

إلى عجينة فاندكس كويك (QUICK VANDEX) ولا يمكن

تقدير الكمية إلا على الطبيعة حسب اتساع الخروم المراد

سدّها .



منظر يبين سد الأخرام التي يتدفق منها الماء من المنشأ بمجرد وضع مادة الفاندكس

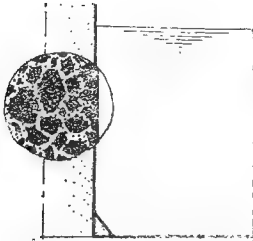
**ومن مميزاتة :**

- ١ - له خاصية نفس الجزء الخرساني المعزول ويصبح جزءاً لا يتجزأ منه .
- ٢ - غير ضار بمياه الشرب ولا يتفاعل مع الكلور لذا فهو مناسب لعزل خزانات المياه ومطبات مياه الشرب .
- ٣ - قابل للتشغيل على الأسطح الخرسانية الجافة والمبللة .

**بند (١٣) - ووتر بروف WATER PROOF**

بالتر المسطح : توريد ودهان ٣ طبقات من ووتر بروف العازل الأسمنتي أو ما يماثله على أن تكون الطبقة الأولى والثالثة أفقية والطبقة الثانية رأسية والفتة محملاً عليها نظافة السطح نظافة تامة ورشه بالمياه .

والووتر بروف عبارة عن مركب من الأسمنت المالح كيميائياً بلدائن صناعية ومواد مالئة من الكوارتز المدرج ويخلط الووتر بروف بالماء بنسبة ٣:١ بالحجم ( ١٠ لتر ماء تضاف إلى ٥٠ كجم ووتر بروف ) وتدهن به الأسطح الخرسانية فتخلل لذلك الصناعية السطح الخرساني وتتغلغل في مسام الخرسانة وتتكاثر بها لثم سلسلة من التفاعلات الكيميائية مكونة كريستلات الووتر بروف الصلبة في أماكن المسام وتصبح جزءاً لا يتجزأ من المنشأ .

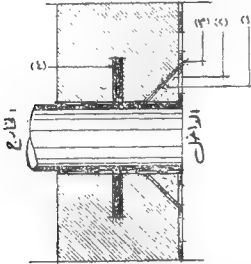


يتغلغل الووتر بروف في مسام السطح الخرساني ويتكاثف بها مكونا كريستالات الووتر بروف الصلبة في أماكن المسام

يبدأ ووتر بروف في اختراق السطح الخرساني من خلال المسام فور التعان

يدهن ووتر بروف باستخدام الفرشاة

### طريقة العزل حول ماسورة



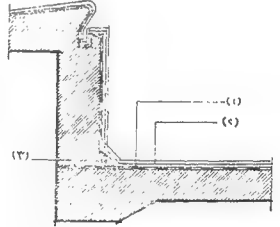
### طريقة العزل حول ماسورة :

- (١) دهان طبقة ووتر بروف بعد التكسير حول الماسورة ويفضل خلط الووتر بروف بمياه تضاف إليها أليديوند (وسيط لاصق) بنسبة ١:١ وتترك لمدة ٢٤ ساعة .
- (٢) دهان طبقة الووتر بروف مماثلة ثم تحشى الفتحة حول الماسورة بأسمتت ورمل بنسبة ٢:١ مخلوط بمياه مضاف إليها أليديوند وتترك لمدة ٤٨ ساعة .
- (٣) يدهن فوق السطح ٣ طبقات ووتر بروف .
- (٤) فلنشة حديد ملحومة مع الماسورة قبل صب الخرسانة .
- يخلط الووتر بروف بالماء بنسبة ١ : ٣ بالحجم ( ١٠ لتر ماء : ٥٠ كجم اديكور ) ويصل الووتر بروف بذلك لقوام مثل الروبة .

- ترش الأسطح الخرسانية بالماء وتدهن الطبقة الأولى من الووتر بروف باستخدام الفرشة في الاتجاه الأفقى وتليها الطبقة التالية متعامدة عليها بفواصل زمنية لا يقل عن ساعتين في الأجواء الحارة وثلاث ساعات في الأجواء الباردة .

### طريقة عزل حمام سباحة بالووتر بروف

- (١) قيشاني مثبت على الووتر بروف مباشرة مثبت على الووتر بروف مباشرة بالمونة العادية أو اللصق الحديث .
- (٢) عازل الووتر بروف ٣ طبقات .
- (٣) وزرة عازلة من الأسمنت والرمل والأليديوند والأضافات العازلة مثل السيكال أو الأديكرت .



- يستخدم في عزل الخرسانة تحت منسوب المياه الجوفية .
- يدهن مباشرة على الأسطح الخرسانية الغير مستوية أو المنحنية كالقنود والقباب ويوفر تكاليف بناء الحماية التي يتطلبها العزل التقليدي .
- له مقاومة عالية للكريتات .

### وخطوات التشغيل كالتالى :

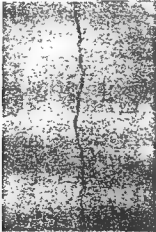
- ١ - ينظف السطح جيداً وتزال من عليه الأتربة .
- ٢ - تعالج مناطق التشعشع وفواصل الصب قبل العزل بمونة أسمنتية أو خرسانية فينو حسب حجم التشعشع على أن يضاف للمونة مادة ربط للخرسانة الجديدة بالقدمة كالأليديوند .

## معدلات المواد :

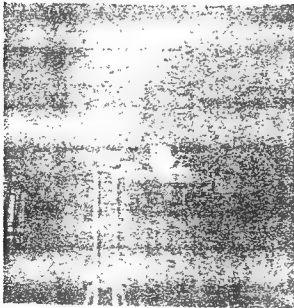
ومعدلات المواد والعمالة حسب كل نوعية والأمثلة السابقة تبين  
خطوات التشغيل .

## استخدام المواد الأيوكسية :

يعتبر العزل باستخدام المواد الأيوكسية واحد من  
استخدامات عديدة للمركبات الأيوكسية . والمركبات  
الأيوكسية متعددة الأنواع وإن اشتركت في خصائص كثيرة  
ويجب اختيار النوع المناسب للفرض المستخدم من أجله .  
ويجدر بنا هنا أن نشير إلى أهم مجالات استخدام الأيوكسى  
لمراعاة ذلك في اختيار النوع المناسب للفرض المطلوب .



الشروخ التي تعالج بالمواد الأيوكسية

طريقة تبين تغطية صفتين من الاشارة  
في عمود تدعيم لزيادة قطاعه

## ومن أهم هذه الأنواع :

- ١ - حقن الشروخ الخرسانية .
- ٢ - ترميم الأجزاء الخرسانية ولحام الخرسانة الجديدة بالقديمه .
- ٣ - زرع وتثبيت أسياخ الحديد ( الاشارة ) بالخرسانة .
- ٤ - حقن وترميم الشروخ الأسفلتية خاصة في ممرات الطائرات ،

للطبقة الواحدة على المتر المسطح ١,٥ كجم ووتربروف .

## معدلات العمالة :

يلزم أربعة عمال + مساعد خلط يتجون ٥٠ م<sup>٢</sup> لدهان  
وجهين ووتر بروف .

## مونة الترميم والعزل السريعة

## بند (١٤) - سيتوكس فكس CETOX FIX

بالمقطوعة : توريد وتركيب مادة سيتوكس فكس  
CETOX FIX وهى عبارة عن بودرة أسيمنتية الأساس تخلط  
بالماء فقط وتتصلد في خمس دقائق تقريباً ويبدأ التفاعل وزمن  
الشك بعد دقيقتين من بدء الخلط بالماء .  
ويجب تخزين السيتوكس فكس في مكان جاف تماماً ولمدة  
لا تزيد عن ٦ شهور .

ويستخدم في غلق الفتحات والفجوات التي تحتاج لغلظ  
سريع كأماكن تسرب المياه .  
وتتم طريقة التشغيل كالتالى :

- يخلط سيتوكس فكس بالماء ويمكن إضافة بعض الرمل  
كإداة مأللة ولكن بدون إضافة أى مواد أخرى مثل الأسمنت أو  
الجير أو الجبس .



## طريقة استخدام مزيج الرمل السيتوكس فكس

- يتم الخلط بسرعة وبكمية قليلة وتكرر الكمية المطلوبة  
وتضغط في الفجوة في زمن لا يتجاوز دقيقتين ولا يجوز إضافة  
ماء للخلطة أو الاستمرار في تشغيلها بعد مرور دقيقتين ،

## (أ) دهان إيبوكسي EPOXY PAINT

وهو عبارة عن مركبين (أ) ، (ب) تخلط بالنسب المحددة بواسطة الشركة المنتجة والمركب (أ) هو مركب الإيبوكسي EPOXY-RESIN أما مركب (ب) فهو عبارة عن مصلب HARDENER ويخلط المركبين ويتم تشغيلهما في خلال فترة التشغيل POT LIFE وهي حوالى ٣٠ دقيقة عند ٢٠°م وتزيد أو تقل حسب انخفاض أو ارتفاع درجة الحرارة ، وتدهن طبقات الإيبوكسي بفواصل زمنية ١٢ ساعة بين كل طبقة عند درجة ٢٠°م، ويخزن الإيبوكسي في عبوات مغلقة لمدة عام واحد .

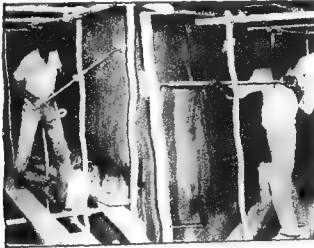
٥ - دهان الحديد لحمايته من الصدأ أو التآكل .

٦ - عمل سطح نهائي للأرضيات بطبقة صلبة عالية التحمل مقاومة للصدمات والبرى والكيمويات .

٧ - دهان المنشآت المائية لعزلها وحمايتها من نفاذية الماء .

٨ - دهان الأرضيات بطبقة مائنة لتكوين الأثرية والغيار ANTI DUST ويجدر بنا هنا أن نوضح أنه يمكن استخدام نوع واحد من الإيبوكسي في أكثر من غرض ويجب لذلك مراعاة إرشادات الشركة المنتجة .

المواصفات الفنية للإيبوكسي العازل :



تدهن طبقات الإيبوكسي بالرطوبة متعامدة في الاتجاه الرأسي والأفقي

٢ - يخلط مركبي إيبوكسي برايمر خلطاً جيداً بعد مرور ٦ ساعات على الأقل من دهان البرايمر ويدهن على السطح بالفرشاة أو الرولة أو مسدس الرش .

٣ - تدهن الطبقة التالية من إيبوكسي برايمر متعامدة على الطبقة الأولى بعد مرور ساعة على الأقل .

## حماية الأسطح الخارجية

نظراً لوجود مؤثرات خارجية مثل الأمطار والرطوبة والبرودة شتاء والرياح وما تحمله من أتربة وغازات ومياه بحر في البلاد الساحلية والحرارة صيفاً لذلك يجب عمل حماية للحوائط الخارجية من هذه المؤثرات ولكن يجب وضع هذه الحماية بالدھانات أو خلافاً في وقت الجفاف لأنه لو وضعت هذه الحماية في وجود رطوبة داخل الحائط فيسبب الحائط رطباً ، ويمكن لهذه الرطوبة أن تؤثر في طبقة الحماية وتلفها وأول حماية تمثل طبقة البياض أو التكسية أو خلافاً يجب أن تتم حسب المواصفات وأصول الصناعة من ناحية المواد وما يلزم لإنهاء الحائط ويجب أن تكون مادة الحماية التي يدھن بها الحائط تكون طبقة للمواصفات ومنها ما يلي :

## (ب) إيبوكسي برايمر :

عبارة عن مركبين (أ) ، (ب) بنسبة ١:٢ بالوزن ، حاوى على مركبات محلبة لتخفيض اللزوجة وفترة تشغيله ٦٠ دقيقة عند ٢٠°م ويمكن من الدهان فوقه بعد ٦ ساعات ويخزن في عبوات مغلقة لمدة عام واحد ويختار بالقدرة على التشرب في القشرة فيقوياً ويجعل طبقة الإيبوكسي المدهونة فوقه أكثر تماسكاً بالسطح الخرساني إذ يفضل دهانه قبل طبقة الإيبوكسي .

## بنء (١٥) - العزل بمادة إيبوكسي برايمر :

بالمر المسطح : توريد وتنفيذ دهان عازل من إيبوكسي برايمر عبارة عن طبقتين متعامدتين تسبقهما طبقة دهان تحضيرية من إيبوكسي برايمر مخفف والفة تشمل ومحللاً عليها نظافة السطح تماماً من الأتربة والزبوت والشحومات .

وتتم خطوات التشغيل كالآتي :

١ - يخلط مركبي إيبوكسي برايمر المخفف خلطاً جيداً ( برايمر ) ويدھن بالفرشاة أو مسدس الرش أو الرولة بعد نظافة السطح الخرساني جيداً .



## ثانياً : الطبقات العازلة للحرارة

وتتلخص الطبقات العازلة للحرارة باختصار في البنود الآتية :

### - الصغرات الحرارية :

يختلف تأثير وحدات البناء بأنواعها المختلفة بالتغيرات الحرارية تبعاً لنوعية الوحدة ومدى التغير في درجة الحرارة . ويؤدى التأثير إلى حركة طولية متتابعة تؤدى إلى التمدد عند ارتفاع درجة الحرارة ثم الانكماش عند انخفاضها نتيجة تسرب الحرارة المختزنة بالإشعاع وينتج عن هذه التحركات جهوداً تؤدى إلى تشقق في غياب الاحتياطات المناسبة .

- يحدث التغير الحرارى خلال ساعات اليوم وكذلك موسمياً :

ويختلف تأثير الحوائط بهذا التغير تبعاً لسرعة حدوثه . ورغم أن فروق الحرارة الموسمية أكبر من التغير اليومي . إلا أنه يحدث على فترة أطول لذلك فإن تأثيره يكون أقل .

- يزيد من نتائج تعرض الحائط للحرارة أن سطحها الداخلى يكون أقل تأثراً ويقاوم حركة السطح الخارجى كأن بعض أجزاء المنشأ تكون أكثر تعرضاً من غيرها كالدرابز والأسطح النهائية .

- تعتمد الحركة الحرة التى تحدث في الحائط بعد إنشائه . علاوة على مدى التغير في درجات الحرارة على درجة الحرارة المبدئية لوحداث البناء عند الرص والتي تتغير تبعاً لتغير فصول السنة والظروف الفعلية خلال وقت البناء وكذلك على الفترة الزمنية بين حريق الوحدات واستعمالها ويحدث التغير في الانحناءين الرأسى والأفقى .

- يتحدد معدل تغير حرارة المادة وبالتالي معدل الحركة تبعاً للسعة الحرارية للمادة thermal capacity وتمثل في كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة حجم من المادة درجة مئوية واحدة ، وكلما زادت السعة الحرارية لمادة بناء الحائط زادت كمية الحرارة التى يجب أن تنصهها الوحدات لترتفع درجة حرارتها بقدر معين .

وترتفع درجة حرارة وحدات البناء ذات السعة الحرارية المنخفضة أكثر من غيرها وتتمدد بشكل أسرع .

ويوضح الجدول التالى التغير الطولى لوحداث البناء والمونة نتيجة تغير درجة الحرارة :

| معدل التمدد الطولى/ درجة مئوية                     | المادة                 |
|--|------------------------|
| من ٤ إلى ١٠ × ٦ <sup>-</sup> (توقف على نوع الطغلة) | وحدة بناء طغلية محروقة |
| من ٧ إلى ١٠ × ٦ <sup>-</sup>                       | وحدة بناء أحميتية      |
| من ١١ إلى ١٠ × ٦ <sup>-</sup>                      | وحدة بناء جبرى رمل     |
| من ١١ إلى ١٠ × ٦ <sup>-</sup>                      | مونة خرسانة مسلحة      |

## - دهان الواجهات بالمواد الأكريليكية : acrylic paints

(١) الدهان بمادة الأكريليك توفر حماية ممتازة ضد الرطوبة والأمطار والعوامل الجوية المختلفة كالتآكل والكيماويات والبرى وهو من المواد الحديثة التى نجدها في عديد من الصناعات المعمارية كطلاء البانيوهات والأبواب الصحية والأثاث وقد دخلت هذه المادة في المجال العمارى .

(٢) يوجد دهانات أكريليكية شفافة ممتازة وتعمل على حماية الواجهات وتدهن بالفرشة أو بالرش بالكيموروس العادى أو الكيموروس الحوائى أو الرولات وقد دخلت مشتقات الأكريليك في صناعة البويات والمواد العازلة والمواد اللاصقة والبويات كما تستخدم في دهان جميع أنواع الأسطح الخرسانية أو الجبسية أو الاسبستوس أو الخشبية وتوفر لها حماية جيدة .

(٣) في الأماكن التى ليس لها ماء متوفر لرش الخرسانة وعمل curing يمكن دهان سطح الخرسانة بعد الصب بحوالى ٤٥ دقيقة أو رشه ، وبهذا يستغنى عن المعالجة بالماء وذلك بسبب أن المياه الداخلة لن تتمكن من التبخر إلا بعد فترة من الوقت .

## - دهان الواجهات بمشتقات السيليكون : silicon paints

(١) هذه المادة شفافة ذات لزوجة منخفضة وهى عديمة اللون وتساعد على تسرب الرطوبة الموجودة بالواجهات وتدهن بالفرشة أو بالرش ويعتبر استخدام مشتقات السيليكون لحماية الواجهات من أكثر طرق الحماية ولا يد من نظافة الواجهة جيداً من الأتربة العالقة بها قبل استعمال هذه المادة بطريقة الدهان مع ترميم أى جزء يحتاج للترميم .

(٢) يدهن بهذه المادة جميع أنواع الأسطح الخرسانية والبياض والطوب والحجر والآثار ومن خصائص هذه المادة أنها تحمى الواجهات من جميع العوامل الجوية وخاصة الأمطار حيث إنها تطرد قطرات المياه المتساقطة عليها .

## - الدهانات بالمواد الأحميتية العازلة :

(١) هذه الدهانات عبارة عن مركبات كيميائية تضاف إلى الأحميت مع لدائن ومواد مالقة وكوارتز مع الإضافات الكيميائية الخاصة بمنع نفاذية الماء ويكون في صورة بودرة يضاف إليها الماء مع التقليب الجيد بنسبة تتراوح من ١٥٪ إلى ٢٠٪ .

(٢) يجب إتمام النظافة الكاملة للسطح المراد دهانه مع الترميم للأجزاء المتساقطة ثم يتم فرد المادة بالهجرة بالبروة أو الفرشة أو بالرش ويم دهان السطح المراد حمايته وجهين متعامدين ويفضل أن يكون السطح رطباً قبل الدهان وتصلح هذه المواد لعزل الأرضيات الخرسانية والمنشآت الخرسانية عموماً والسدود ومحطات القوى الكهربائية والمنشآت البترولية وأساسات وأعمدة أجسام الكبارى الخرسانية ويجب العناية التامة عند دهان هذه المادة على الأسطح .

**(٧) طبقة عازلة للحرارة من الأستروبور : Extruded****Polystyrene**

وهي عبارة عن ألواح خفيفة لونها أبيض وأزرق فاتح وكثافات مختلفة تبدأ من ١٧ حتى ٦٠، ومقاس اللوح ٢×١٢٠ والسلك الشائع هو ٥، ٧، ١٠، ١٥ سم وهذه الألواح ترص فوق الطبقة العازلة للرطوبة ويجب دهان وجهين بيتومين فوق الطبقة العازلة للرطوبة ثم ترص الألواح .

(٢) يتم تقفيل الفواصل بين الألواح بمونة غير منكمشة ثم بشرط لاصق عريض أو بالماسك المطاطي .

**(٨) طبقة عازلة من البولي ستايرين :**

ويصنع بطريقة البثق ويصنع عن طريق البثق باستخدام غازات عازلة للحرارة مع مادة البولي ستايرين وبشكل على شكل ألواح ويوضع على السقف فوق الطبقة العازلة للرطوبة .

(٩) طبقة عازلة للحرارة من منتجات الزجاج الحلوية : وهي عبارة عن ألواح بأسمك تتوافر من ٢٠ سم إلى ١٢٠ سم وتشتمل فوق طبقة من البيتومين .

**(١٠) طبقة عازلة من المواد الفينولية الرغوية :**

المواد الفينولية الرغوية المصنعة على شكل ألواح ورقائق وتكون مطابقة للمواصفات البريطانية BS-3927 ولا تقل سماكتها عن ١٢،٥ سم وتصلح لملز الحرارة حتى ١٣٠° .

**(١١) طبقة عازلة للحرارة من بلاطات الصوف المعدني :**

تربط بلاطات الصوف المعدني بمادة رابطة مناسبة لتكوين بلاطة مهيئة وتكون مطابقة للمواصفات البريطانية BS-3958

**(١٢) طبقة عازلة للحرارة من الألياف الزجاجية :**

تكون الألياف الزجاجية لا فلزية وغير عضوية والمعروفة بالألياف المعدنية وتكون مطابقة للمواصفات البريطانية BS-3958

**(١٣) طبقة عازلة للحرارة من الحبيبات المعدنية :**

وهي تتكون من البرليت وهو زجاج بركاني خامل ممد بعملية تسخين خاصة ومعالج بسيلكون غير قابل للاشتعال حيث تكون النتيجة نتاج خفيف الوزن من مادة حبيبية بيضاء يمكن تناولها وصبا بسهولة وتحمّد ناقلة الحرارة الخاصة بها على الكثافة ودرجة الحرارة المحيطة وهذه المادة لها مقاومة الاشتعال مع نقطة انصهار عند درجة ١٢٠٠ درجة مئوية .

**(١٤) طبقة عازلة للحرارة من الميكار ( ركام فخاري ممدد**

خفيف ) :

تكون هذه المادة على هيئة عقد كروية صغيرة من الفخار الممدد ذات مسطحات مزججة يتم إنتاجها بالحداد مادة كيميائية للتمدد في الفخار وذلك قبل تكوين القعد الكروية هذه المادة لها تقريباً نفس الخواص الموصوفة سابقاً للبريت .

- ليس من الضروري الأخذ في الاعتبار تأثير الحرارة من التمدد وانكماش في الحسابات الإستاتيكية فيما عدا الحالات التي تكون فيه الإجهادات الناتجة عن الحرارة ذات تأثير ملموس . وفي هذه الحالة يجب مراعاة عمل فواصل للحركة لتقليل تأثير التمدد والانكماش وتقليل تأثير أية إجهادات وتشكيلات غير مرغوب فيها يمكن أن تنشأ عن هذه الحركة .

وسنذكر بعض المواد المستعملة في العزل الحراري بإيجاز شديد :

وتلخص الطبقات العازلة للحرارة باختصار في البنود الآتية :

**(١) طبقة عازلة للحرارة من الأممنت الرغوي ( السيلون ) :**

وهي مادة مكونة من الأممنت ومادة رغوية بحيث يصبح الخليط ذا خلايا مسامية جوفاء مع بعضها وتوضع هذه المادة فوق الطبقة العازلة للرطوبة وتفرش على السطح بسلك من ٥ إلى ٧ سم .

**(٢) طبقة عازلة للحرارة من ورق الكرافت :**

تتكون من ورق الكرافت والألواح البلاستيك الممددة ويتم بوضع ورق الكرافت الثقيل ثم طبقة من البيتومين المؤكسد ثم تلصق برص ألواح البلاستيك الممددة على السطح .

**(٣) طبقة عازلة من خرسانة الفيروموكليت :**

تتكون من ١ م<sup>٢</sup> فيروموكليت ومائة كجم أممنت ويفرش بسلك متوسط ٧ سم بحيث يكون أقل سمك عند اليزاب ٥ سم .

**(٤) طبقة عازلة من براز البقر :**

ويستعمل في ريف صعيد مصر وهو نوع رخيص جداً وهو يتكون من جزء جير بلدي + ٣ أجزاء من براز البقر الحديث وتفرش على السطح كمونة بسلك لا يقل عن ٧ سم .

**(٥) طبقة عازلة من الفلين :**

هي عبارة عن ألواح من كسرات الفلين المشبع بالقطران والمضغوط تحت درجات حرارة معينة بواسطة مكابس هيدروليكية ويتم تنفيذ بوضع طبقة من دهان البيتومين ثم طبقة فلين ثم طبقة دهان بيتومين .

**(٦) طبقة عازلة للحرارة من الطين :**

يتم عمل هذه الطبقة من مخلوط الطين والتش بسلك حوال ١٥ سم ويتم تنفيذ بتقسيم السقف إلى حشوات بمقاس ٢×٢٢ بمحارج من الطوب ثم يصب الطين والتش ويستعمل هذا النوع أيضاً في صعيد مصر .

## عزل الواحها من الحرارة

رغوة البوليوريتين :

التطابق المائي وأحياناً تسمى المياه الشعرية وكذلك معدل انتقال المياه خلال الأرض يعتمد على تركيب التربة .

بصفة عامة فإن المياه الجوفية تسبب رطوبة وهذه الرطوبة تضر بصحة الإنسان الشاغل لملل هذه المباني والأثاث بالإضافة إلى تأثير الأساسات والهياكل التي تصلها هذه المياه الجوفية ووجود الطاق المائي المتغير أكثر خطورة حيث إنه يتسبب في سحب المواد المذابة وانكماش التربة تحت الأساسات وذلك بسبب عدم استقرار للمبنى ولذلك يجب بذل أقصى جهد لتخفيض منسوب المياه حتى لا تصل إلى أساسات المبنى . وتقل مشكلة ارتفاع منسوب المياه الأرضية لم يكن متوقعاً

من قبل ولم يؤخذ في الاعتبار عند التصميم وتنفيذ بعض المباني التي أنشئت في الماضي القريب وارتفاع منسوب المياه الأرضية بما تحتويه هذه المياه من أملاح ضارة على جميع العناصر الإنشائية المغونة تحت سطح التربة بما يكون أبلغ الضرر .

٢) وخاصة على المباني في المناطق القديمة المزدهمة بالسكان بسبب قدم وتآكل شبكات مياه الشرب وشبكات الصرف الصحي كذلك فإن تلف الحوائط وعدم إحكام الوصلات بين هذه الأنابيب بعضها ببعض وغرف التفتيش بالإضافة إلى رى الحوائط يؤدي إلى تسرب كميات كبيرة من المياه خلال التربة نتيجة لذلك يتكون منسوب مياه أرضي مرتفع وأول ما يعاني من هذه الظاهرة تلك المباني التي تم إنشاؤها منذ فترة طويلة عندما كان منسوب المياه الأرضية منخفضاً وذلك قبل إنشاء السد العالي وكان هذا الارتفاع في مناسيب المياه الأرضية سبباً في غزو المياه لتلك الهياكل والهياكل خلال كل فترة موجودة في المبنى تسمح بتسرب المياه ومن هذا بدأ الاتجاه إلى تخفيض المياه الجوفية .

### طرق المنع والحماية methods of prevention and preaction

١) مستوى الأساسات (foundation level) بقدر الإمكان إما أن يكون أسفل أو أعلى مستوى المياه الجوفية المتوقعة بمعنى أن يتم حفظ الأساسات دائماً إما في جفاف تام أو بلل تام .

٢) يجب أن يستخدم مواد البناء المانعة للمياه وأن تكون لها قدرة تحمل عالية .

٣) استخدام سد كاتم مانع للماء (damp proofing) سواء أكان مستوى الأساسات أعلى أو أسفل النطاق المائي للمياه الجوفية فإن الأساسات يجب حمايتها بطريقة أو أكر من السدود الكاتمة للماء وذلك اعتماداً على وضع حالة المبنى .

٤) مصارف المياه في التربة (soil draining) في منطقة منخفضة في التربة يجب عمل المصارف خلال المبنى قبل الإنشاء خاصة إذا كان هناك احتمال لعمل خطوط الصرف وعمل حجرات تفتيش

هذه المادة ناتجة من تفاعل المركبات التي تحتوي على المجموعات الهيدروكسيلية ( البوليلول polyal ) كحلول متعدد الهيدروكسيل مع ثنائي الأيسوسيانات وتمتاز هذه الرغوة بخاصية الالتصاق الجيد لمعظم السطوح بشرط أن يكون خلفيات هذه السطوح نظيفة وخالية من الشحوم ويمكن رش مكونات الرغوة السابقة داخل فراغات أو تجاويف أو على المسطحات المقعدة ذات الأبعاد الثلاثة .

رغوة البوريا فورمالدييد :

رغوة البوريا فورمالدييد أرخص التوعين السابقين فهذه المادة أوسع انتشاراً للاستعمال لهذا الغرض ولكن لا يمكن وضعها على المسطحات ويمكن استخدامها للماء الفراغات السابقة التشكيل ولا يمكن استعمالها بين المواد الصماء التي تسمح بنفاذ الماء الناتج عن عملية الرغوة .

مواد التحكم في أشعة الشمس :

أ) الرقائق المعدنية : من هذه الرقائق الأكثر توفرأ هي الرقائق الصفائحية التي تجمع بين خواص العزل الحراري والعاكس وخواص حجز الرطوبة والبخار ويمكن أن يشكل التكوين الصفائحي على طبقتين من البتومين المقوى بالألياف والمغلف بورق الكرافت ثم يغطي من إحدى واجهتيه أو كليهما برفائق الألومنيوم المصقول بحيث تكون السماكة حوالي ٤م ويجب أن تكون هذه الرقائق عند استعمالها مطابقة للمواصفة .

ب) الدهانات العاكسة للشمس :

هناك عدة أنواع من الدهانات العاكسة لأشعة الشمس بأسماء تجارية مختلفة .

## الفصل الثالث

### تخفيض مياه الرشح وحماية الأساسات

قبل أن نبدأ في دراسة تخفيض مياه الرشح وحماية الأساسات سنلقى الضوء بشرح بسيط للمياه الجوفية والسطحية :

المياه الجوفية :

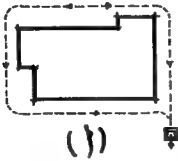
هي المياه الواقعة في طبقة الأرض تحت التربة مباشرة أو مياه السطح وتلك المياه تتدفق خلال التربة مكونة النطاق المائي ( المستوى الذي تحته تكون الأرض مشبعة بالماء ) وهذا النطاق المائي يختلف في ارتفاع الماء عن مستوى سطح الماء الموجود في الأنهار والقنوات والبحيرات وغيرها وكمية الأمطار الساقطة وكذلك نوع التربة التي يتكون منها الأعماق .

المياه السطحية :

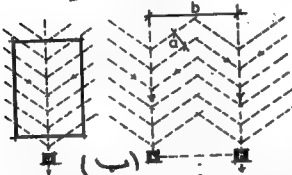
المياه السطحية هي تلك المياه التي تستخدم فوق مستوى

وهناك عدة طرق لعمل مصارف المياه وذلك حسب حالة الموقع وأهمية المبنى وطبيعة التربة .

أولاً : نموذج (أ) عمل خطوط صرف بطريقة catch basin وهذه الخطوط تصلح إلى مباني صغيرة وتكون حول محيط المبنى أو شبكة مواسير مخرمة ( صرف مغطى ) وهذه المواسير حولها زلط رفيع يحجز الرواسب الداخلة مع المياه وتصل المياه خالية من الرواسب إلى حجرة تفتيش وتسحب منها المياه إما عن طريق مضخة كهربائية أو تكون المجارى العمومية أو طوى من منسوب حجرة التفتيش وهذه الطريقة تعمل بعد إنشاء المبنى .



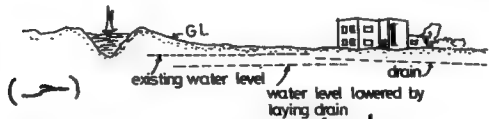
(أ)  
طريقة صرف مياه الرش  
حول مباني صغيرة



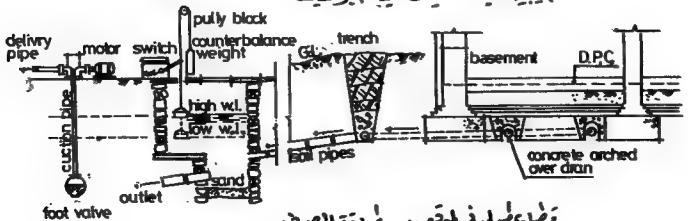
نموذج (ب) يتم هذا النموذج قبل إنشاء المبنى وطريقة الصرف المغطى أفضل الطرق لسحب المياه وتنفض بحفر ترنشات عند عمق مناسب أى عمل ميول للصرف ويمكن أن تكون المياه تسرى عن طريق الجاذبية أى عمل ميول للصرف ويمكن تفريغها ( أو سحبها لأقرب قناة أو بالوعة وتسمى هذه الطريقة herring bone style ) وتحدد المسافة b,a حسب طبيعة التربة . المسامية ومنسوب مياه الرش .

(ب)  
طريقة صرف مياه الرش  
تحت بدروم مبنى  
صغير بطريقة الميول  
المغطى  
طريقة صرف مياه الرش  
في منشأ كبير بطريقة الميول  
المغطى حيث لا يزيد عمق  
هذه المسافة b,a عن 10 متر

نموذج (ج) مجواره ترعة دائمة المياه وهو مبنى صغير ويلزم تخفيض المياه أقل من قاع الترعة كما هو واضح في المسقط الرأسى والقطاع .



رسم مبني طريقة تخفيض المياه الجوفية



نظام لسحب المياه من تحت المبنى بطريقة الصرف



## تجفيف أرض الموقع :

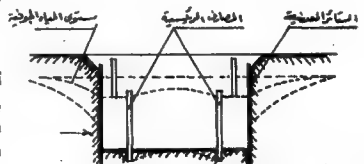
قبل أن نبدأ في تجفيف الموقع يجب اتباع الحاجز بطريقة الستائر المعدنية أو الستائر الخشبية .

وبعد بناء الحاجز الذي يوفر إعداد مكان للعمل بطرق البناء العادية يلجأ إلى تجفيف أرض الموقع حتى يمكن البدء في البناء . إن طريقة التجفيف بترشح المياه الموجودة داخل الحاجز هي الطريقة المستعملة قديماً وهي التي تخطر على ذهن لأول وهلة هذه الطريقة لم تتغير في جوهرها بمقتضى الزمن إلا في آلات الترشح نفسها التي تحسنت باستعمال المضخات ذات القوى الطاردة المركزية أو استعمال المضخات التي تعمل بالهواء المضغوط ، وذلك بتشغيل مجموعة منها على جهاز واحد لهذا الهواء وقد ساهمت هذه الطريقة الأخيرة في تحسين طرق الترشح وأمكن بواسطتها رفع مياه الترشح إلى ارتفاع ستين متراً وقد أفاد استعمال الهواء المضغوط في تبسيط آلات ترشح المياه للدرجة ساعدت على إنزالها في حفر ذات أقطار صغيرة .

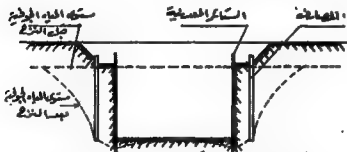
إلا أنه قد يحدث أحياناً أن عملية الترشح هذه سواء أكانت باستعمال مضخات القوى الطاردة المركزية أو مضخات الهواء المضغوط لا يمكن تطبيقها إذ تصبح كثرة النفقات إذا ما كان العمل تحت الأرض المشبعة بالماء وذلك لوجود منافذ للماء خصوصاً إذا ما كانت الأرض مفككة إذ تسحب هذه التربة مع المياه كما يحدث في حالة وجود الرمال الناعمة جداً وفي مثل هذه الأحوال نلجأ إلى طرق تلخيص في منع أو تعطيل مصادر المياه بإحدى الطرق الثلاثة الآتية .

## (١) خفض مستوى المياه الجوفية :

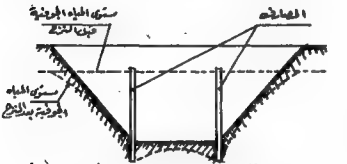
الغرض من هذه الطريقة هو خفض منسوب المياه الجوفية مؤقتاً ومحلياً إلى منسوب يقل عن منسوب قاع الحفر وتحصل على هذه النتيجة بعمل مصارف رأسية بواسطتها يتم شفط المياه هذه للمصارف توضع في صفوف موازية للستائر داخل الحاجز أو خارجة ويبعد المصريف عن الآخر مسافة ١٠ أمتار تقريباً كما هو موضح بالشكل التالي (أ ، ب ، ج) .



(أ) شكل يبين المصارف الرأسية موزعة داخل الستائر



(ب) شكل يبين المصارف الرأسية موزعة خارج الستائر



(ج) شكل يبين خفض مستوى المياه الجوفية بواسطة المصارف الرأسية والمصارف المحيطة باستخدام الستائر

إن نظام المصارف في داخل الحيز المحصور بالحاجز كما في الشكل السابق (أ) له ميزته إذ أنه يسمح بإتمام الصرف على فترات متعاقبة تبعاً ومتماشياً مع عملية الحفر وهذا يقلل من أطوال المصارف وبالتالي يسهل سحب الماء ويقلل من كمية الماء المنصرف لأن سطح الماء يبقى مرتفعاً خارج الستائر عنه بداخلها إلا أن هذا الاختلاف في منسوب الماء بين الداخل والخارج يمثل بالعكس مشاكل لا تظهر مع وضع المصارف خارج الحفر الوارد ذكرها بعد لأن الستائر تؤثر عليها في أسفلها قوة ضغط أيدروستاتيكية من جهة ومن جهة أخرى فإن أماكن ورود الماء لم تتجنب في حالة عدم الحصول على العزل التام في الستائر نفسها .

أما إذا استعملنا طريقة وضع المصارف خارج الحفر كما في الشكل السابق (ب) فإن الستائر لا تدق إلا بعد خفض مستوى المياه الجوفية نفسها فإذا جاءت النتائج مرضية وكافية فإننا نقصد في عمل الحاجز ويمكن إتمام الحفر مع عمل حواجز من الأتربة كما في الشكل السابق (ج) .

## طريقة ترشح الآبار الرشحة .

إن عملية الصرف البينية في الشكل التالي تحوى على أنبوبة أسطوانية قطر قطاعها من ٣٠ إلى ٤٠ سم تنزل في الأرض باستعمال أنبوبة أخرى ذات حرية وبقطر ١٠ سم بداخلها يدفع الماء المضغوط هذا الماء فيكك الأرض ويصعد المزيج في الحيز الحلقى المحصور بين الأسطوانتين فإذا وجدت المصارف على العمق الكافي فإن العملية بعدئذ تنحصر في شفط الماء وتخليص الأرض منه .

الأمثلة التالية قام بها بعض الأساتذة وستذكر أسماءهم بالمراجع لمباني كثيرة وكل منهم له رؤية في الحل .  
أولاً : مثال لعلاج تسرب المياه الأرضية داخل البدروم لمبنى بالجيزة وتمت الخطوات كالآتي :

هذا المبنى يتكون من بدروم وطابقين أرضي وأول ومبنى بالأسلوب الهيكلي أثبتت الجسات حول المبنى على تربة طينية حتى ٩ متر ثم طبقات من الرمل المتوسط ٣,٥ م وأساسات هذه المباني قواعد منفصلة وأرضية البدروم بمنسوب ٢,١٥ تحت الصفر وتراكم المياه بأرضية البدروم حوالي ٢٠ سم ومياه الرشح أتلفت الأعمدة والحواطط وقد وجدت شبكات مواسير المياه متلفة نظراً للصرم الافتراضي والمياه الجوفية ذات نسبة أملاح كلية ذاتية قليلة لا تزيد عن ٦٠ جزء من المليون وقد تم عمل عدد ١٦ حفرة كما هو موضح بالرسم .

#### الكشف على الأساسات والحواطط الخرسانية الساندة :

تم الكشف على أساسات المبنى والحواطط الساندة من الخرسانة المسلحة للتعرف على طبيعتها ومطابقة ما جاء باللوحات مع ما هو منفذ فعلياً في الطبيعة وقد تم التوصل إلى الآتي :  
(١) الأساسات عبارة عن قواعد منفصلة تحت الأعمدة والحواطط الساندة لها قواعدها المستمرة والرسم التالي يبين شكل الموقع العام ومواقع الحفر والصرف المغطى حول المبنى .



شكل مبين لرؤية تربة البدروم المخرقة

إن المرحش يحتوي على عدة أغلفة مشتركة المركز من النحاس الأصفر مثقوبة مع وجود مواد مرشحة بينها مثل الحصى كما أن الغلاف الخارجي يحتوي على تقويع صغيرة ليحول دون مرور حبيبات الرمل الناعمة .

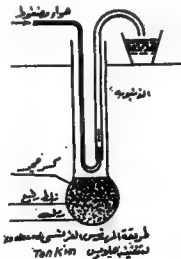
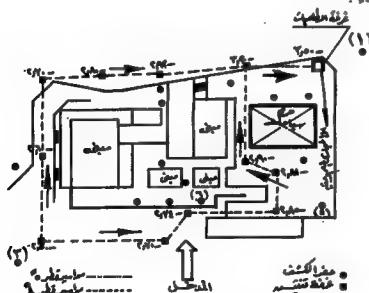
إن شطف الماء يستلزم إتمامه بكل دقة وعناية فيجب أن يكون بطريقة مستمرة لتجنب الصعود المفاجئ لنسوب المياه الجوفية التي تؤثر في توازن الأرض كما أنه يجب كذلك أن تكون شدة الشطف منتظمة فإذا كانت ضعيفة جداً فإن مستوى المياه الجوفية يصعد وإذا كانت قوية فإن الطينة نفسها يمكن أن تسحب في الطلمبة مما يؤدي إلى تعطيلها .

#### هاويس المهندس الفرنسي M. conteaud

قد لجأ المهندس الفرنسي M. conteaud إلى تنفيذ هاويس في Tonkin مع استبدال هذه المرشحات بعمل جيب مغفور في قاع المصرف الرأسي بدلاً بالرمل والحصى والمجاراة المكسورة كما هو موضح في الشكل التالي والسحب يتم بواسطة إدخال الهواء المضغوط .

ولإنزال المصرف فإن تيار الهواء المدفوع في الداخل يعمل على مزج التربة بالماء فتسحب بالأنبوبة إلى الخارج وبعد الانتهاء من حفر المصرف فإن الهواء المضغوط يستعمل في نزح الماء .

شكل مبين للبدروم ومواقع هذا الكشف عما لبيت الأرضية والاعمدة الخرسانية



طريقة المرفس الفرنسي لدراسة Tonkin









والأعمدة داخل البهروم وحتى منسوب جلسة الشيايك (أسفل النوافذ) .

- توضع طبقة من الرمل السليسي المترج والخالى من الشوائب والمواد الضارة وتتمك جيداً مع الرش بالمياه ليكون سمكها التباقي ٢٥ سم .

- يصب فوقها بلاطة من الخرسانة المسلحة بسمك ١٠ سم مع استخدام الأسمنت المقاوم للكبريتات وإضافة إحدى المواد الحديثة لتقليل التآكل على أن تستمر هذه البلاطة الخرسانية في الامتداد رأسياً داخل البهروم على أسطح الحوائط الخارجية والداخلية والأعمدة حتى منسوب جلسة الشيايك بحيث تكون قميصاً محكماً ومتصلاً تماماً مع العناية بالزوايا والأركان وعمل أشارة من الحديد لتثبيت القميص الخرساني بمونة الإيوكسي في الحوائط والأعمدة .

ثالثاً : مثال لتخفيض المياه الجوفية بطريقة الآبار العميقة لمشروع مجارى أبو النمرس :

هذا المبنى عرضه ثلاثة أمتار وطوله ١٠٠ متر والمزاد حفرة بعمق ٩,٥ ومنسوب المياه الجوفية يتراوح ما بين ٤,٥ إلى ٤,٨ م. وعليه فإن منسوب المياه الجوفية يقع أعلى من منسوب الحفر بمقدار ٥ م وذلك طبقاً لقراءة البيزومتريات وتم عمل اختبار باستخدام بئر قطر ١٦ بوصة وماسورة داخلية قطر ١٢ بوصة وبطول حوالى ٢٤ متر ( ١٠ متر مسدودة من سطح الأرض وتليها ماسورة مخرمة بطول ١٢ متر ثم ٢ متر ماسورة مسدودة ) في المكان الذى ستركب فيه الطلمبة الغاطسة وقد تم تركيب أربعة بيزومتريات تبعد عن بئر الاختبار بمسافات ٥, ١٠, ٢٠, ٤٠ متر لتابعة مقدار تخفيض المياه الجوفية نتيجة لتشغيل بئر الاختبار ، وقد تم تركيب طلمبة غاطسة داخل البئر وبشغيلها وجد أن مقدار التصريف الخارجى من البئر حوالى ١٠٠ م<sup>٣</sup>/ساعة وقد تم متابعة تخفيض المياه الجوفية داخل البيزومتريات بعد تشغيل البئر بفترة حوالى ٢٤ ساعة وقد أعطيت البيزومتريات القراءات الآتية :

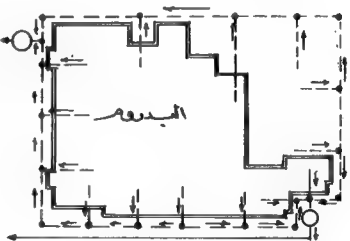
قراءة البيزومتريات

| المسافة                          | (متر) | ٥    | ١٠   | ٢٠   | ٤٠ |
|----------------------------------|-------|------|------|------|----|
| مقدار تخفيض المياه الجوفية (متر) | ١,٥٠  | ٠,٨٢ | ٠,٦٧ | ٠,٤٠ |    |

ونائج اختبار الضخ مبينة في الشكل التالى في صورة علاقة بين المسافة ومقدار تخفيض المياه الجوفية .

- مجموعة من المطابق الخرسانية خارج المبنى لتجميع المياه من المواسير المثقبة الخافضة . وقد تم تحديد أبعاد وعدد وأماكن تلك المطابق بما يتناسب مع كمية تصريف المياه ومسار شبكة المواسير وتوزيع شبكات المرافق في محيط المبنى والشكل التالى يوضح مسارات المواسير وأماكن المطابق .

- شبكة مواسير بالانحدار مصنوعة من الفخار قطر ١٥٢,٥ مم ( ٦ بوصات ) موضوعة على أعماق أكبر من الشبكة المثقبة الخافضة ومهتبا نقل المياه المتجمعة في المطابق إلى يارتين رئيسيتين في جهتين متقابلتين من المبنى يتم سحب المياه من كل منهما بواسطة مضخة للتخلص منها في شبكة المجارى العمومية عن طريق خط طرد قطر ٦٠٠ مم مع وجود مضخة احتياطية مع كل بيارة كما موضح بالشكل التالى .



• مطبق  
--- سار خط المواسير  
--- سار خط الطرد

مسقط أفقى

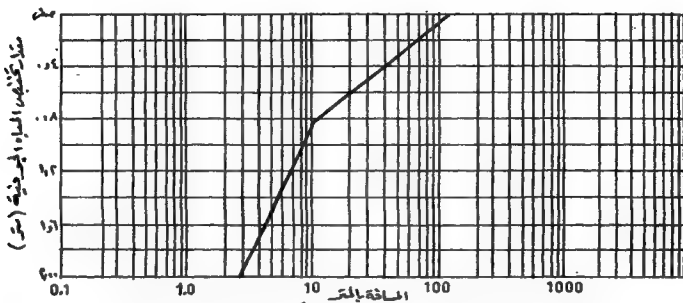
للبروم مبني على شبكة المواسير ومواقع الخافضات والبيارات

- يجب أن تكون وصلات المواسير ونقط اتصالها بالمطابق والبيارات محكمة جيداً لمنع تسرب المياه وكذلك على درجة من المرونة تمنع حدوث كسر أو شروخ بها وقد تم التنفيذ بالطريقة التى شرحت وهناك طريقة أخرى مرادفة ولم تنفذ وتلخص في التالى .

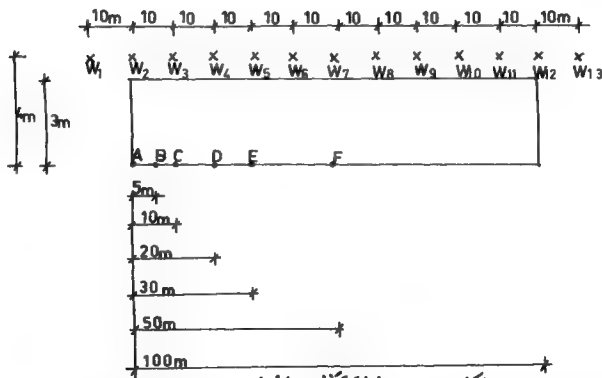
٢ - أسلوب استخدام المواد العازلة :

- يزال بلاط أرضية البهروم بالكامل وما تحته من طبقات حتى يصبح عمق الحفر حوالى ٤٥ سم تحت منسوب الأرضية الحالية .

- تزال طبقات الدهان والبياض من أسطح الحوائط



شكل يبيِّن العلاقة بين المسافة ومقدار تخفيض المياه الجوفية



شكل يبيِّن مآلات تخفيض المياه

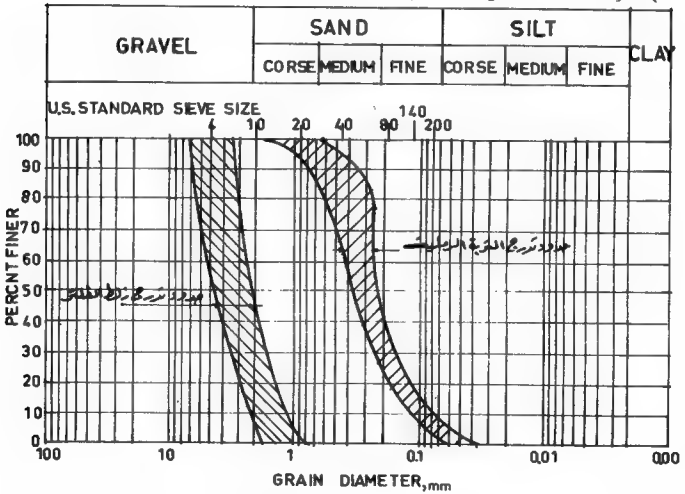
- وبالرجوع إلى هذا الشكل يمكن تصميم نظام تخفيض المياه الجوفية باستخدام طريقة التجميع للآبار المتعددة (cumulative drawdown method for multiple wells)
- نظام تخفيض المياه الجوفية باستخدام الآبار العميقة :
- بالرجوع إلى قطاعات الجسات وطبيعة التربة المطاة يتضح أن التربة تتكون من سطحية غير منفذة بعمق يتراوح بين ٩,١ متر إلى ١١,٣ متر تحت سطح الأرض الطبيعية وتليها طبقة الرمل الحاوية للمياه الجوفية .. ويعتمد التصميم المعطى هنا على
- استخدام آبار عميقة مماثلة لير الاختبار كما يلي :
- عمق الير من سطح الأرض = ٢٤ متر ( ١٠ متر ماسورة مسدودة تليها ١٢ متر ماسورة مخرومة ثم ٢ متر ماسورة مسدودة ) .
  - قطر الير = ١٦ بوصة .
  - قطر المواسير الداخلية = ١٢ بوصة .
  - الطلمبات المستخدمة لها قدرة على ضخ ٩٠ م<sup>٣</sup>/ ساعة عند ضغط مقداره ٢٠ متر عمود ماء وقد تم استخدام مبدأ التراكب



## تصميم زلط الفلتر :

- ٣) أقصى مقياس لزلط الفلتر = ٧٥ م .  
 ٤) يتم رسم منحنى التدرج لمادة الفلتر بحيث يتبع تقريباً شكل منحنيات التدرج للتربة وبحيث لا يزيد معامل الانتظام ولمادة الفلتر عن ٣,٠٠ .  
 - يتم رسم حدود منحنيات التدرج للتربة الرملية التي يتم سحب المياه منها .  
 - يتم اختيار مادة الفلتر تبعاً للشروط الآتية :

- ١) القطر المنفذ لنسبة ١٥٪ من الفلتر لا تزيد عن خمسة مرات القطر المنفذ لنسبة ٨٥٪ من أنعم منحنى للتربة .  
 ٢) القطر المنفذ لنسبة ١٥٪ من الفلتر لا يقل عن أربعة

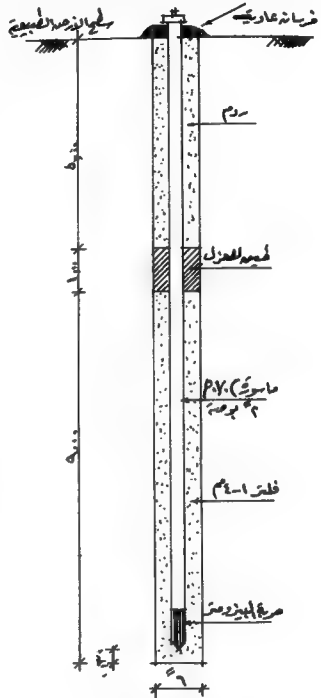


شكل تصميم تدرج زلط الفلتر

## البيزومتريات :

تركيب الآبار بطريقة سليمة .. وفي كل الأحوال يجب عدم الوصول بالحفر إلى منسوب معين إلا بعد التأكد من أن الآبار قد قامت بتخفيض منسوب المياه الجوفية في هذا المكان بمقدار ٣٠ سم على الأقل تحت منسوب الحفر المراد الوصول إليه . والشكل التالي يبين قطاعاً من البيزومتريات الموصى بتنفيذها .

يجب القيام بتركيب بيزومتريات على الجانب المواجه للجانب المنفذة فيه الآبار العميقة وعلى مسافات حوالى ٥٠ متراً فيما بينها وذلك حتى يمكن مراقبة منسوب المياه الجوفية ومتابعة عمل الآبار وكذلك لمعرفة تكوين التربة على طول مسار الجمع للمساعدة في



شكل حبيبي تقايعات البيزومتر

توصيات تنفيذ الآبار العميقة :

- ويجب استخدام الماسورة المغرمة بحيث تكون ذات تنوعات بارزة كما بالشكل التالي Bridge-slotted screen .
- يجب أن يتم إنزال ماسورة البئر داخل البئر بحيث تكون متمركزة داخل الغلاف وذلك باستعمال قطع من الحديد تلحم على ماسورة البئر من الخارج ويكون طولها الأقصى مساوياً نصف القطر الداخلى للغلاف مطروحاً منه نصف القطر الخارجى لماسورة البئر .. ويتم تركيب هذه القطع على زاوية ١٢٠ درجة فى المسقط الأفقى ، ويفضل أن يتم تركيبها على مناسيب مختلفة المسافة الرأسية بين كل قطعتين متتاليتين هو ٢,٠٠ متر ويجب أن تكون مواد الفلتر خالية من أى مواد ناعمة .
- ويجب إنزال مادة الفلتر داخل البئر بواسطة قمع ولا يتم إلقاء مادة المرشح من سطح الأرض وذلك حتى يمكن تجنب حدوث انفصال الحبيبات الفلتر .
- يجب تنمية البئر جيداً وبطريقة تدريجية قبل وصله مع خط الطرد .
- يجب تخفيض منسوب المياه الجوفية بمقدار ٢٠ سم على الأقل تحت منسوب قاع الحفر .. ويجب التأكد من ذلك عن طريق قراءات البيزومترات التى يتم تركيبها كل ٥٠ متر ويجب عدم الاستمرار فى الحفر إلا بعد التأكد من أن منسوب المياه الجوفية قد تم تخفيضه بمقدار ٢٠ سم على الأقل تحت قاع الحفر المراد الوصول إليه .
- يجب أن لا يقل تصرف البئر عن ٩٠ م<sup>٣</sup>/ ساعة ويجب التأكد من هذا التصرف من خلال قراءات عدادات التصرف flowmeters التى يتم تركيبها على الآبار .
- يجب تركيب مصيدة للرمال sandtrab على كل بئر وذلك لقياس محتوى الحبيبات فى مياه النزح والذى يجب أن لا يزيد عن ١٥ جزء فى المليون .. وعند وجود بئر يعطى محتوى حبيبات أكبر من ١٥ جزء فى المليون يتم إلغاؤه وتنفيذ بئر آخر بدلاً منه .
- قبل البدء فى تشغيل نظام تخفيض المياه الجوفية يجب توفير وحدات احتياطية فى الموقع كما لى :
- يجب تشغيل مولد والاحتفاظ بمولد آخر كاحتياطى .
- يجب توفير طلمبة احتياطية لكل خمس طلمبات عاملة .
- يجب إمداد معدات تخفيض المياه الجوفية بنظام الإنذار الفعال .
- ومن المعروف أن المياه الناتجة من النزح خلال خط طرد من الصلب بقطر ٤٠٠ مم .

- يجب إبقاء الغلاف مملوءاً بالماء خلال تنفيذ البئر وتنوصى الغلاف يدوياً وذلك لمنع حدوث فوران فى القاع .. ويمكن تحقيق ذلك من خلال استمرار صب المياه داخل الغلاف .
- يجب أن تكون أبعاد البئر ومكوناته كما بالشكل التالى ويجب ألا يزيد قطر الطلمبة الفاطسة عن ٦ بوصة وذلك لسهولة تركيب الطلمبات فى قاع البئر .
- يجب أن لا تقل مساحة الحفروم فى الجزء الحفروم بماسورة البئر عن ٩٪ ويكون مفاصل فتحة الحفروم هى ١,٠٠ ± ٠,١ مم .





# أعمال البناء وسماير المعايير والزلازل والأعمال

## المباني الثامن

### الفصل الأول

#### أولاً- طريقة البناء :

١- تبنى كافة الحوائط سواء أكانت بالطوب الملاّن أو المفرغ أو القوالب الخفيفة أو الأحجار بشكل مدانيك أثقية ( ما عدا المباني الدبش المقلب ) تامة الرباط متشابكة للحمائم قاطعة الحل موطنة في المونة ولحاماتها ملاّنة بها وليس بها أى فراغات أو قطع صغيرة مفتتة .

٢ - عند تقابل الحوائط وعند النواصي الخارجية والداخلية وعند تقابل الحوائط بالأكتاف وعند بلسقات الفتحات يلزم ربط الحوائط ببعضها ربطاً تاماً ، وفي حالة المباني بالأحجار يجب أن تبنى هذه الأجزاء إما بالطوب أو بالحجر الثلاثات أو الدستور المنحوت .

٣ - يجب ألا يزيد بروز أى مدمك من البناء عن المدمك الذى تحته عند عمل البروزات (Corbelling) عن ٤/١ طوبة أو ٦سم بحيث لا يزيد البروز الكلى عن سمك الحائط كما يجب أن تراعى نفس هذه المقاسات عند عمل القصص بالأساسات أو الأسفل وذلك في مباني الطوب ، أما في مباني الحجر فلا يجوز أن تزيد عن ١٥سم .

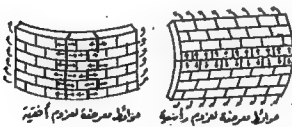
٤ - لا يجوز أن يستعمل في الحوائط تحت الطبقة العازلة المعرضة للرطوبة إلا المواد التى لا تتأثر بفعل الرطوبة .

٥ - في الحوائط المزودة التى يترك فراغ بين جزئها

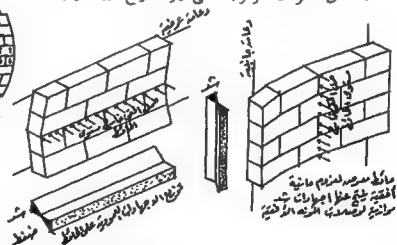
(Cavity Walls) عندما يكون حائطها الخارجى بسلك لا يزيد عن ١٢سم يلزم ربطه مع الحائط الداخلى بأربطة من الحديد الاتجاه الطولى ولا يقل عددها عن ثلاثة في كل متر من الارتفاع بحيث تكون الأربطة متخالفة الوضع (Staggered) وفي هذه الحوائط لا يعتبر إلا الجزء الداخلى السميك في حمل الأثقال ويحدد سمكه طبقاً لما سيأتى بعد ، نخاصاً بالحوائط العادية كما يجب أن يبنى الجزء الخارجى (سمك ١٢سم) بمونة أسمتية مع عمل فحات لتبوية الفراغ من أعلى ومن أسفل .

٦ - لا يجوز أن يقل سمك الحوائط الخارجية لأى مبنى عن ٢٥سم سواء أكانت المباني من ذات الحوائط الحاملة أو التى بشكل هيكل من الخرسانة المسلحة أو هيكل من الحديد وذلك في حالة بنائها بالطوب أو الأحجار أو الخرسانة العادية ، أما إذا كانت هذه الحوائط من الخرسانة المسلحة فلا يجوز أن يقل سمكها عن ١٥سم - والمقصود بسمك الحائط هو سمك المباني فقط بدون سمك البياض وبدون سمك طوب الكسوة للواجهات الذى يلقى بعد البناء وبدون سمك الكسوة الحجر الصناعى .

٧ - تسرى نفس الاشتراطات المذكورة في البند السابق رقم ٦ على حوائط الأبراج ويجب عند بناء الأبراج مراعاة بنائها حوائطها الخارجية بحيث تقاوم العزوم وجميع الإجهادات كما في الشكل التالى .



مواظف معرضة للزلازم أثنقية  
مقاومة ، لافظ للزلازم ، لأثنقية والأرسية



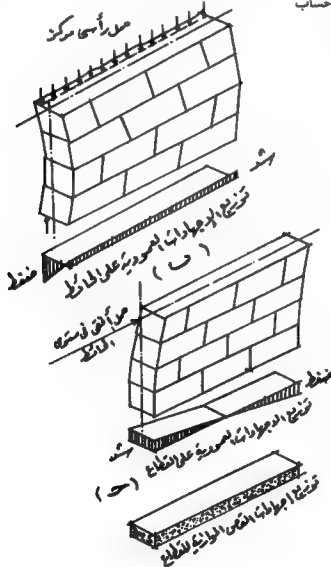
مقاومة الحوائط الخارجية للزلازم

مواظف معرضة للزلازم ماأثقة أسية يلقى على  
مبانيها ، يلقى على مبانيها ، لافظ

٨ - لا يجوز أن تبنى درابوئى البلكونات والحواط المستعملة درايزينات للسلام بسمك أقل من ١٢ سم فى حالة بنائها بالطوب أو ٦ سم فى حالة عملها بالحرسانة المسلحة وفى الحالة الأولى يجب أن تبنى بمونة الأمتت والرمل بنسبة لا تقل عن ٣٠٠ كجم أمتت للمتر المكعب رمل .

١١ - يجب ألا تزيد نسبة الارتفاع التصميمى (Effective Height) الموضح بالفقرة ١٣ بعده إلى سمك الحائط أو إلى أصغر ضلع للكتف أو العمود وذلك للحواط والأكثاف أو الأعمدة الحاملة عن ١٢ مرة ويطلق على هذه النسبة اسم النسبة النحفية (Slenderness Ratio) .

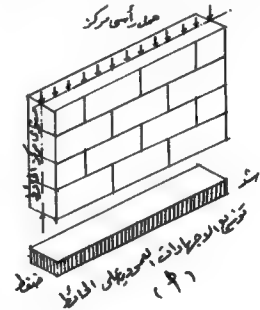
١٢ - تستعمل الجهود المسموح بها للضغط على المبانى إذا كانت النسبة النحفية لأى حائط أو كتف أو عمود لا تزيد عن ٦ وفى الحالات التى تكون هذه النسبة تساوى ١٢ ينخفض الجهد المسموح به بمجمله ٤٠٪ فقط من الجهد الأصل وفى الحالات التى تكون فيها النسبة بين ١٢ و ١٤ فيخفض الجهد المسموح به نسبياً بين ١٠٠٪، ٤٠٪ والرسومات التالية تبين الأحمال التى تتعرض الحوااط الخارجية والقوى الناتجة عنها .



ثانياً- المبانى ذات الحوااط الحاملة (Wall-bearing Structures):

٩ - لا يجوز أن تتعرض الحوااط المبنية بالطوب أو الأحجار أو الحرسانة العادية لأى قوى شد أو قص ولا يعتمد عليها إلا فى مقاومة قوى الضغط فقط - ويستثنى من ذلك الأجزاء البارزة بشكل قصص فى الأساسات أو بشكل بروزات أعلى الحوااط (Corbelling) أو مبانى العقود والأعتاب وفى هذه الأحوال يعتبر الجهد المسموح به للشد أو القص عبارة عن ١٠/١ من جهد الضغط المسموح به لنفس النوع من البناء .

١٠ - للحواط الطولية الخارجية المربوطة بحوااط عرضية أو أكثاف سائلة لا تتباعد عن بعض بأكثر من ١٢ مترأ أو ٤٥ مرة سمك الحائط يمكن أن ينخفض ضغط الرياح فى حساب



وذلك ما لم يتبين له، لفرط، الخاصية والذى لا يتجزأ

١٥ - في حالة الأكتاف المتصلة بالحوائط سواء كانت بارزة من جهة واحدة أو من جهتين فإن التي بروزها من جهة واحدة لا يزيد عن  $\frac{4}{1}$  سمك الحائط، والتي مجموع بروزها من الجهتين لا يزيد عن  $\frac{3}{1}$  سمك الحائط فعتبر هذه الأكتاف كجزء من الحائط، أما إذا زادت البروزات عن ذلك فيعتبر ذلك الجزء كتف مستقل مقاسه من وجه الحائط الخلفي حتى نهاية البروز إذا كان البروز من جهة واحدة أو من طرف البروز الخلفي حتى نهاية البروز الأمامي إذا كان البروز من الجهتين.

١٦ - لا يجوز أن يقل سمك الحوائط الحاملة الخارجية للمباني المتعددة الأتوار عما هو مبين بالجدول الآتي مع مراعاة ألا تزيد جهود الضغط الناتجة بها عما هو مسموح به :

جدول يبين سمك الحوائط حتى ستة أدوار فوق الأرضي

| ملاحظات  | أقل سمك للحوائط بالسمتير |       |        |        |        |        | عدد الأدوار     |
|--|--------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
|  | الأرضي                   | الأول | الثاني | الثالث | الرابع | الخامس | السادس          |
| يجب ألا يزيد طول الحائط عن ٩٠ متر<br>والأ يزداد سمك الدور الأرضي إلى ٣٨                                      | ٢٥                       | ٢٥    | -      | -      | -      | -      | دورين ...       |
| يجب ألا يزيد طول الحائط عن ١٠ متر<br>والأ يزداد سمك الدور الأرضي إلى ٥١<br>وباق الأدوار ما عدا الأخير إلى ٣٨ | ٣٨                       | ٢٥    | ٢٥     | -      | -      | -      | ثلاثة أدوار ... |
|  | ٣٨                       | ٣٨    | ٢٥     | -      | -      | -      | أربعة أدوار ... |
| يجب ألا يزيد طول الحائط عن ١٥ متراً<br>والأ يزداد سمك جميع الحوائط تحت<br>الدورين العلويين بمقدار ١٢ سم      | ٥١                       | ٥١    | ٣٨     | ٣٨     | ٢٥     | -      | خمسة أدوار ...  |
|  | ٦٤                       | ٥١    | ٥١     | ٣٨     | ٢٥     | -      | سنة أدوار ...   |
|  | ٦٤                       | ٥١    | ٥١     | ٥١     | ٣٨     | ٢٥     | سبعة أدوار ...  |

١٩ - يجب ألا يقل سمك الحوائط الحاملة الخاصة بالمباني العامة والمخازن وما شابه عما هو مبين في الجدول الآتي مع مراعاة ألا تزيد جهود الضغط الناتجة بها عما هو مسموح به مع مراعاة عمل أكتاف بها حسب الاشتراطات المبينة بالهند رقم ١٧ وذلك إذا زادت نسبة ارتفاعها إلى سمكها عن المحدد بند رقم ١١ قبله .

١٧ - يطبق الجدول السابق بيند ١٦ للحوائط التي لا تزيد نسبة ارتفاعها التصميمي إلى سمكها عن ١٢ مرة، أما إذا زادت النسبة عن ذلك فيجب أن يزداد سمك الحائط بحيث تستوفى هذه النسبة على أن يزداد سمك جميع الحوائط التي تحت الحائط المذكور بنفس نسبة الزيادة- ويمكن أن يستعاض عن الزيادة المطلوبة بعمل أكتاف بارزة كالتيين بالهند ١٥ لاستيفاء السمك المطلوب بحيث لا يقل مجموع عرض هذه الأكتاف عن  $\frac{4}{1}$  طول الحائط الأصلي .

١٨ - يجب ألا يقل سمك الحوائط الحاملة الداخلية للمباني المتعددة الأدوار عن  $\frac{3}{2}$  سمك الحوائط الخارجية في نفس الدور وبنفس الشروط بحيث لا يقل بأى حال عن ٢٥٠ متراً .

## جدول يبين سمك الحوائط الحاملة الخاصة بالمباني العامة والمتوازن وما شابه

| ارتفاع الحائط بالمتر | طول الحائط بالمتر | السمك عدد القاعدة بالستيمر | طول الحائط بالمتر                   | السمك عدد القاعدة بالستيمر | طول الحائط بالمتر | السمك عدد القاعدة بالستيمر |
|----------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|
| ٧,٥                  | -                 | ٢٨                         | -                                   | -                          | -                 | -                          |
| ٩,-                  | لغاية ١٥,-        | ٢٨                         | أكثر من ١٥,-                        | ٥١                         | -                 | -                          |
| ١٢,-                 | لغاية ١٥,-        | ٢٨                         | لغاية ١٥,-                          | ٥١                         | أكثر من ١٥,-      | ٦٤                         |
| ١٥,-                 | لغاية ٩,-         | ٥١                         | لغاية ١٥,-                          | ٦٤                         | أكثر من ١٥,-      | ٧٧                         |
| ١٨,-                 | لغاية ١٥,-        | ٦٤                         | أكثر من ١٥,-                        | ٧٧                         | -                 | -                          |
| ٢١,-                 | لغاية ١٥,-        | ٦٤                         | إذا زاد طول الحائط عن ١٥,- متراً    | -                          | -                 | -                          |
| ٢٤,-                 | لغاية ١٥,-        | ٦٤                         | فيجب أن يزداد سمك البناء من القاعدة | -                          | -                 | -                          |
| ٢٧,-                 | لغاية ١٥,-        | ٧٧                         | حتى نقطة تحت أعلى نقطة فيه بمسافة   | -                          | -                 | -                          |
| ٣٠,-                 | لغاية ١٥,-        | ٧٧                         | ٥ متر وذلك بمقدار ١٢ سم .           | -                          | -                 | -                          |

٢٠ - يجوز أن تقل أسماك الحوائط الحاملة الخارجية عما هو مذكور في البنود السابقة في الحالات الخاصة الآتية وبشرط أن تعمل بأكتاف مربوطة مع هذه الحوائط لا يقل مقاسها عن ٢٥ في ٢٥ سم في الأركان وكذلك على مسافات لا تزيد عن ٣,٠ متر من المحور للمحور وبشرط أن تبنى الحوائط والأكتاف بمونة الأسمت القوية .

وذلك في الأحوال الآتية :

(أ) إذا كان المبنى من دور واحد غير معد للسكن أو العمل به ولا يزيد ارتفاع حوائطه عن ٣,٠ متر ولا يزيد عرض المبنى في اتجاه تحميل السقف عن ٩,٠ متر .

(ب) للأجزاء المبنية فوق الأسطح لتغطية آلات المصاعد أو صهاريج المياه أو ما يشابهها وغير معدة للسكن أو العمل بها ويحتمل لا يزيد ارتفاعها عن ٢,٥٠ متر ولا يزيد طولها أو عرضها عن ٣,٠ متر - وفي الحالتين السابقتين لا يجوز بأي حال أن تعمل الحوائط بسمك يقل عن ١٢ سم .

**ثالثاً : المباني التي من هيكل خرسانة مسلحة أو من هيكل حديد : (Frame Structures) :**

٢١ - في هذا النوع من المباني تنقل جميع الأحمال إلى الأرض بواسطة الكمرات والأعمدة ولا تؤدي الحوائط بين الأعمدة إلا وظيفة الحشو فقط فلا يعتمد عليها بتاتا في حمل الأوزان .

٢٢ ( ) لا يجوز أن يقل سمك الحوائط الخارجية عن ٢٥ سم إلا إذا كانت من الخرسانة المسلحة فلا تقل عن ١٠ سم مع مراعاة شروط الارتفاع والطول السابق ذكرها للمباني الحاملة على أنه يجوز أن تستعمل في بناء هذه الحوائط المواد الخفيفة كالطوب المفرغ والقوالب الصناعية الخفيفة الملائة أو المفرغة أو ما يماثلها بحيث تكون غير قابلة للاهتزاز .

٢٣ - لا يجوز أن يقل سمك القواطع الداخلية سواء أكانت من الطوب الملاين أو المفرغ أو البلوكات الصناعية عن ١٠ سم للحوائط التي يزيد ارتفاعها عن ٢,٥٠ متر وعن ٦ سم للتي أقل من ذلك ، أما إذا كانت من الخرسانة المسلحة فلا يجوز أن يقل سمكها عن ٦ سم .

٢٤ - عند استعمال أى مادة خلاف الخرسانة العادية أو المسلحة في بناء القواطع الداخلية فيجب عمل شداة مستمرة من الخرسانة المسلحة بارتفاع لا يقل عن مئامين طوب عند منسوب أعتاب الفتحات بكامل طول القواطع أو تقوية القواطع بأكتاف بارزة .

٢٥ - يجب ربط درواى البلكونات وحوائط درابزينات السلام التي بسمك نصف طوبة بالهيكل الأصل للمبنى بواسطة كنانة خاصة تثبت في الأعمدة أثناء إنشائها .

**رابعاً : الطبقات العازلة للرطوبة والحرارة وحماية المباني من الخارج :**

٢٦ - الطبقة العازلة بأرضية الدور الأرضى يجب أن تكون بسمك الحائط وأعلى الرصيف بمقدار ١٥ سم كى لا يتأثر الحائط بمياه الغسيل وتكون متصلة من الداخل ، ويجب أن توضع على طبقة من الخرسانة العادية لا تقل عن ١٥ سم إذا زادت مساحة الحجرة عن ١٦ م<sup>٢</sup> ويوضع فوقها لباسه بسمك ٢ سم ثم طبقة البلاطة .

٢٧ - في دورات المياه يجب أن يخفف سقفها ٢٠ سم عن الأرضية ويوضع طبقة عازلة على الخرسانة مباشرة وتستمر رأسياً في محيط الحوائط بمعدل ٢٠ سم فوق منسوب الحجرات المجاورة .

٢٨ - يوضع طبقات عازلة على خرسانة سقف الدور الأخير مباشرة وتستمر رأسياً في محيط الحوائط أعلى بلاط السطح بمقدار ٢٠ سم .



وتستخدم آلات الرقع عند رفعها وهي الأحجار المستخدمة عادة في الأساسات أو في تغطية خنادق الصرف أو في الأعتاب الكبيرة .

#### - الدبش :

أقل حجماً من حجر الآلة وله مسميات كثيرة تبعاً لشكلها ومقاساتها فمنها الثلاث العادية والبثوى والدبش المشيم وهو إما دبش عجالي ذو حجم كبير أو حلواني وهو ذو حجم صغير لا يزيد ضلعه عن ٢٠ سم .

#### - الدقشوم :

ذو حجم أصغر من الدبش يصل إلى حوالى ٦ سم .

#### - الحصوة :

قطع صغيرة من ناتج توضع الأحجار تستخدم في تزيح الدبش عند البناء .

#### - الدمسور :

حجر مشكل قائم الزاوية ولا يقل ارتفاعه عن ٦٠ سم .

#### - نصف دمبور :

حجر مشكل قائم الزاوية ويكون ارتفاعه من ١٨ سم إلى ٣٠ سم .

#### - الممعاك :

رصة أفقية من الأحجار بارتفاع واحد وهي تكون إما من حجر واحد أو عدة أحجار فوق بعضها .

#### - التيوبضة :

برواز يعمل لتحديد وجه الحجر الغاطس عن سطح الحجر الذى يقطع مستقيماً والجزء المحصور بين التيوبضة يسمى « بقجة » .

#### - السوكة :

هي تقابل سطحين متبيين .

#### - عروموس المرقد :

هو اللحام في الحواط الذى يكون موازياً للمرقد الطبيعي للحجر وتنقل من خلاله الأحمال - أما في الكرائيش فالحامات يجب أن تكون رأسية .

#### - الأربطة :

وهي قطع إما معدنية أو حجرية قوية تستخدم لربط أجزاء المباني الحجرية ، والأربطة المعدنية والحجرية تكون على شكل مجرى والأرجل تدخل في الأحجار وتغطي بمونة أمهتية وتكون على شكل ذيل يمامة في المسقط .

#### - الطبقة العازلة :

تستخدم في عزل المياه أو الرطوبة عن المبنى ، وهي إما أفقية أو رأسية وتستخدم في الأساسات والحواط وأسفل أرضيات الدورات والأسطح .

## الفصل الثاني الإنشاء بالدبش وشروطه

### أولاً : مقدمة وتعريف :

يعتمد البناء بالأحجار على توافر الأحجار بالمنطقة التي سيقام عليها المنشأ وعلى الأنواع المختلفة من الأحجار المتاحة من تلك المنطقة - كما أن البناء بالأحجار يحتاج إلى مهارات وخبرة من العمال الذين سيقومون بتنفيذ هذه الأعمال . وتختلف نوعية البناء بالأحجار ونوعية الأحجار المستخدمة في البناء على نوع المنشأ نفسه واستخداًه .

وللتعريف على المنشأ المبني بالأحجار يستلزم التعرف على مكوناته وأجزائه المختلفة سواء من الأحجار وأحجامها أو طرق استخدامها في البناء ( نوعية البناء بالدبش ) .

### وتلخص هذه الأجزاء المكونة للمبنى الدبش كالآتي :

#### - السهل : HEADER :

وهو الحجر الذى يكون ضلعه صغير ( عرضه ) موازياً للواجهة والضلع الكبير ( طوله ) عمودياً على واجهة المبنى .

#### - الحمل : STRECHER :

وهو الحجر الذى يكون ضلعه الصغير ( عرضه ) عمودياً على الواجهة والضلع الكبير ( طوله ) موازياً للواجهة .

#### - السابح : THROUGH STONE :

قطعة حجر تستخدم في ربط وجهي الحائط المجرى ويكون طوله مساوياً لعرض ( سمك ) الحائط وعمودياً على الواجهة .  
العروموس :

المونة المحصورة بين سطحي حجريين متجاورين ويمكن أن يكون رأسياً أو أفقياً أو متجراً مع أسطح الحجر .

#### - الساية :

الحجر الذى يترك كطرف رباط بين حائطين متقابلين لاستكمال البناء .

#### - الرباط :

يستخدم في ربط أجزاء المبنى مع بعضه ليكون كتلة واحدة . ويتيج ذلك بجعل العراميس الرأسية موزعة بطريقة لا تسمح بانطباقها على بعض ومسافة الإزاحة عن بعض تتوقف على طريقة البناء ومقاسات الأحجار المستخدمة .

#### - الرفوفة :

جزء بارز من المبنى يستخدم كارتكاز لفرض إتشائ أو زخرفى ، مثل تحميل المعدات الخشبية الحاملة للأرضيات أو في الكرائيش .

### مسميات الأحجار تبعاً لأحجامها :

#### - حجر الآلة :

وهي الكتل الكبيرة من الأحجار التي يصعب رفعها يدوياً

## - التحيز :

هو الطيقة الملحمة التي تظهر على الحجر بعد تبخر المياه .

## - قاعدة الأراس المدرجة :

وهي تكون بارزة عن وجه الحائط ومدرجة على هيئة قفص لتوزيع الأحمال على الأساسات .

## - الحشو أو الشقف :

قطع صفيرة من الأحجار توضع داخل اللحامات لسند الأحجار الرئيسية للبناء وتثبيتها في الوضع المطلوب وقد يتم إظهارها في الواجهة كنوع من الزخرفة - أما حشو قلب الحائط فهو المباني التي يملأ بها الفراغات الموجودة بين وجهي الحائط وله دور هام في المساعدة على ربط وجهي الحائط بمساعدة المونة ونحوها جيداً لعدم ترك فراغات بين الدبش .

## - الصنج :

حجر مسلوب يستخدم في بناء العقود والأقبية والقباب .

## - المفاح :

( مفتاح العقد سواء المستوى أو الدائري ) وهو الحجر الأول للعقد .

## - القفخذ :

جزء الحائط المجاور للفتحة ( أبواب - شبابيك .. ) .

## - الحجر الرابط :

قطعة حجر مستعملة في ربط وجهي الحائط ومقاسها العمودي على وجه الحائط لا يقل عن ثلثي سمك الحائط ويتميز هذا الحجر عن الحجر السابق ( طوله يساوى كامل سمك الحائط ) .

## - الحجر العابر :

قطعة حجر طوله في الواجهة يعادل ارتفاع حجرين أو ثلاثة .

## - الملامك الرابط :

مدمك طوب أو حجر منحوت أو بلاطات يبنى في الحوائط الدبش القلب لامتزان الحائط وزيادة قوته .

## - المرقد :

الاتجاه الأصلي للتكوين الطبقى للأحجار الرسوبية وتوضع الأحجار على مرقدها في البناء بحيث تكون الأحمال والقوى العمودية على اتجاه المرقد سواء في الحوائط أو في العقود .

## - الوسادة الحجرية :

كتلة حجرية صلبة توضع في المباني لتوزيع الأحمال المركزة على الحوائط ( كمرات الأسقف أو الأرضيات .... ) .

## - الكحلة :

ملء العرامس في المباني بالمونة بالشكل المطلوب .

## - رطوبة الحجر :

الرطوبة الطبيعية الموجودة بالحجر بعد قطعه حديثاً من الحجر .

## - طرف الرباط :

تستين ( بروز وردود ) يترك في البناء لإمكان ربط المباني المستتجة بعد ذلك في حالة استكمال البناء .

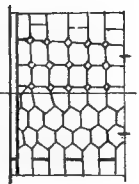
## - التصوية :

عمل تشكيل في أجزاء من المبنى لمنع تأثير مياه المطر عليه أو إبعاد مياه المطر عن واجهة المبنى .

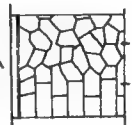
## - الحواير :

تستعمل لربط أحجار الدراوى بأحجار الكورنيش والجلسات بالأحجار أسفلها .

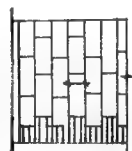
# أنواع البناء بالحجارة



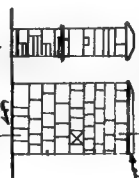
نيسبوس (حجارة أشتيم)  
نيسبوس (حجارة أشتيم)



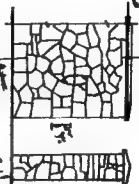
نيسبوس (مطبخ)



نيسبوس (مطبخ)  
نيسبوس (مطبخ)



نيسبوس (مطبخ)  
نيسبوس (مطبخ)



نيسبوس (مطبخ)  
نيسبوس (مطبخ)



نيسبوس (مطبخ)



نيسبوس (مطبخ)



نيسبوس (مطبخ)



نيسبوس (مطبخ)



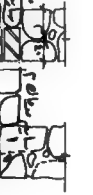
نيسبوس (مطبخ)



نيسبوس (مطبخ)



نيسبوس (مطبخ)



نيسبوس (مطبخ)



نيسبوس (مطبخ)



نيسبوس (مطبخ)



نيسبوس (مطبخ)



نيسبوس (مطبخ)



ثانياً : الأنواع المختلفة من الأحجار المستخدمة في البناء :  
تقسم الأحجار الطبيعية إلى الأنواع التالية :

#### ١ - صخور نارية :

وتسمى أيضاً بالصخور المتبلورة وهي التي تكونت من مواد منصهرة ثم تصلبت بالبرودة وأهمها الجرانيت .

#### ٢ - صخور رسوبية :

وهي تتكون من قطع صغيرة ( دقيقة ) من الصخور تماسكت جيداً نتيجة الضغوط الكبيرة عليها وبمساعدة مواد لاصقة سواء معدنية ( حديدية أو جيرية أو جبسية أو سيليسية ) وهذه المواد تؤثر على قوة تماسك الصخور وتكون من طبقات بعضها فوق بعض ومن أهمها :

(أ) أحجار جيرية : ويتكون معظمها من كربونات الجير وبعض السيليكات .

(ب) أحجار رملية : وأساسها الكوارتز متماسكة بالسيليكات أو الألومنيوم ( الألومينا ) أو كربونات الكالسيوم أو المنجنيز أو أكاسيد الحديد وتتوقف مقاومة الأحجار على طبيعة المادة اللاصقة ونسبة المسام بين جزيئات الأحجار .

(ج) أحجار طينية : تحتوي على رواسب عضوية مثل الأحجار الطفلية .

٣ - صخور متحركة : وهي في الأصل صخور نارية أو رسوبية تحولت بفعل الضغط والحرارة الشديدة إلى صخور جديدة تختلف عن الصخور الأصلية مثل الإردواز ( في الأصل حجر طيني ) .

#### ثالثاً : خواص الأحجار الطبيعية :

يجب أن تعمل الاختبارات المعملية على الأحجار التي تستخدم في المنشأ وتحدد أنواعها طبقاً لنوعية المبنى الذي سيستخدم فيه هذه الأحجار مثل :

#### (أ) المظهر الطبيعي للحجر : نسيج الحجر .

يتوقف مظهر الحجر على تكوين حبيباته كالخمج والانتظام والاندماج ، فهي إما متبلورة كالجرانيت والرخام ويمكن ملاحظة البلورة بالعين المجردة وبسهولة أو طباقية مثل الحجر الرمل .

#### (ب) الصلابة :

تتوقف صلابة الأحجار على صلابة مكوناتها المعدنية وأنواعها فمثلاً :

الطباشير والتلك  
الجبس ، الملح الصخري  
الكالسيت  
الآبائيت يخدش بالمطواة تحت ضغط ولا يخدش بالزجاج .

الفلسبار لا يخدش بالمطواة ويخدش خدشاً خفيفاً بالزجاج .  
الكوارتز لا يخدش بالمطواة وجميعها يخدش بالزجاج .

الكوارتز  
النيواز  
الكورندوم  
الماس  
(ج) اللون :

كلما كان اللون منتظماً في الحجر كان الحجر متجانساً ويتوقف اللون على الخواص الكيميائية والتكوين المعدني للحجر ( اللون البني أو الأصفر ) يدل على وجود شوائب من أكسيد الحديد .

- وأما الألوان : الرمادي والأزرق والأسود تكون نتيجة وجود مواد كربونية داخلية في تكوين الأحجار . وعموماً - تتأثر ألوان الأحجار بعد استخراجها من الحجر بالعوامل والظروف المحيطة بها . كما أن الأحجار المستخرجة من منسوب أسفل منسوب مياه الشرح فلا يمكن ضمان ثبات ألوانها . وأكثر الأحجار ثباتاً في اللون هي الأحجار الرملية الداخلة في تكوينها الأكاسيد المعدنية .

#### (د) الصقل وقابلية الحجر له :

تتوقف قابلية الحجر للصقل على درجة صلابة ونوع المعادن المكونة للحجر وتماسكها .

#### (هـ) الامتصاص ( للمياه ) :

الامتصاص هو قابلية الحجر لنفاذ المياه ويتوقف ذلك على درجة تماسك المسام ببعضها . وأجود أنواع الأحجار هي التي تقل فيها درجة امتصاص المياه . وبالتالي تجمد المياه داخل الأحجار ذات المسامية العالية والصقيع يؤدي إلى تفتت الأحجار المندمجة ، فمثلاً أحجار الجرانيت من الأحجار الأقل امتصاصاً للمياه وتكاد تكون منعملة والرخام كذلك ، في حين أن الحجر الرمل والحجر الجيري المسامي والأحجار البركانية فهي أكثر قابلية لامتصاص المياه ، وعند تسرب المياه إلى داخل مسام الأحجار قد تذيب بعض الأملاح المعادن بها ويظهر واضحاً على وجه الحجر ويسمى بالتزهير .

#### (و) المقاومة للتشمس :

هو الاختبار الذي يجري على الأحجار لمعرفة مدى مقاومة الحجر للضغوط وأكثر الأحجار مقاومة للضغوط هي الأحجار النارية ، وأهم العوامل التي تؤثر على هذه الخاصية هي درجة ابتعاد الحبيبات المكونة للأحجار ودرجة جفاف الأحجار ، وعدم تعرضها للعوامل الطبيعية والجوية قبل استعمالها .

#### (ز) المقاومة للقص :

هذه الخاصية يجب أن تتوفر في الأحجار المستعملة أعلى

الفتحات أو أسفلها كالاعتاب والجلسات والكوابل والسلام .  
(ج) مرقد الحجر ومكسره :

لاستخراج الأحجار من الحجر يرعى مرقد الحجر وهو الاتجاه الغالب لبلوراته وبسهل فصل هذه الأحجار على هيئة كتل في هذا الاتجاه . أما الاتجاه العمودي على اتجاه المرقد فيسمى بمكسر الحجر ولذلك فالحجر الذي تكون واجهته موازية لمرقد الأحجار يمكن استغلاله إلى أقصى قدر .

#### (ط) المقاومة للصق :

كما سبق وتوضح أن الأحجار تختلف مقاومتها للظروف المحيطة بها سواء مياه أو صقيع - وبناء الأحجار على مرقدنا الطبيعي ( أى كوضعها الطبيعي في الحجر ) فإن ذلك يقلل من تأثير الصقيع عليها .

#### (ك) المقاومة للحريق :

الأحجار عموماً قليلة المقاومة للحريق وتتأثر بالنيران والتي تؤدي إلى تفتت الأحجار بسبب اختلاف معاملات تمدد مكوناتها ، وأكثر الأنواع تأثراً بالنيران هي الأحجار الجيرية سريعة التفتت بفعل النيران .

#### (ل) التمدد والانكماش :

الأحجار عامة تتمدد بالحرارة وتنكمش بالبرودة ولكن بدرجات متفاوتة . ويجب أخذ ذلك في الاعتبار عند التصميم بعمل الفواصل اللازمة في الحوائط والأسقف .

#### (م) المقاومة للبرى :

وهي تختلف عن المقاومة للتشمس والأحجار التي تختبر لمقاومة البرى هي المستخدمة في الأرضيات والسلام أو المعرضة للاحتكاك سواء بالمياه أو الرياح المحملة بالأتربة أو الرمال - وتتأثر الأحجار بالبرى بنسبة كبيرة إذا كان ذلك في اتجاه مرقدنا ومن الأحجار المقاومة للبرى البازلت ثم الجرانيت وأقلها الحجر الرمل والجبرى .

#### مقاسات الأحجار المستعملة في البناء :

تتوقف نوعية الأحجار المستعملة ومقاساتها عادة على نوع الأحجار المتوافرة في الحجر . فمثلاً الأحجار الضعيفة لا يزيد طولها عن ثلاثة أمتال ارتفاعها ، أما الأحجار الصلبة فيصل الطول إلى ستة أمتال ارتفاعها وعرض الحجر ( المرقد ) لا يقل عن ١٥ سم ولا يزيد عن  $\frac{1}{4}$  سمك الحائط في حالة الاحتياج للزلزل الصوتي والجوى .

#### طريقة البناء :

تتدرج أحجام الدبش المستعمل في البناء من الأحجار الصغيرة التي يمكن تناولها باليد ( مباني الدبش القلب ) والأحجار المتوسطة ( مباني الدبش المروم ) والأحجار الكبيرة

( مباني حجر منحوت ) وتسمى الأحجار الكبيرة بأحجار الآلة ( الجبالي ) ومقاساتها تتراوح بين  $٠,٦٠ \times ٠,٥٠ \times ٠,٣٥$  متر إلى  $١,٦٠ \times ٠,٥٠ \times ٠,٤٠$  متر وأبعادها منتظمة نوعاً ما ، أما الكتل المتوسطة فيسمى بالدستور ومقاساتها تتراوح بين  $١,٥٠ \times ٠,٥٠ \times ٠,٥٠$  متر إلى  $٠,٦٠ \times ٠,٣٠ \times ٠,٣٠$  متر وأبعادها أكثر انتظاماً . أما الثلاثات فمقاساتها بين  $٠,٦٠ \times ٠,٢٠ \times ٠,٢٠$  متر إلى  $٠,٤٠ \times ٠,٢٠ \times ٠,٢٠$  متر والبناء بالدبش المروم فمقاساته  $٠,٦٠ \times ٠,٣٠ \times ٠,٢٠$  متر وتقطع غشيمة والأحجار الخلواني تقل أبعادها عن الروم وتستعمل أحجارها لحشو ظهر الحائط أو قلبه ويكون وجهه منحوتاً والفرش عبارة عن قطع أحجار قليلة السمك تستخدم في ضبط ارتفاع اللداميك في المباني ذات التكلفة المتوسطة . ويوجد أيضاً اللقشوم ومقاساته في المتوسط ٣-٥ سم ويستخدم في الدكات الحرسانية في الأرضيات والتبليطات .

#### كيفية استخراج الأحجار من الحجر :

مقاسات الأحجار المستخرجة من الحجر تتوقف على الطريقة المستخدمة في الحجر لاستخراج هذه الأحجار ويكون ذلك إما بالتفجير العادي وهذا يعطي مقاسات متغيرة للدبش المروم أو بالأسافين أو بالنشر وتحصل بهذه الطريقة على كتل كبيرة من الأحجار أما التفجير الكهربائي فيمكن الحصول منه على كتل كبيرة من الأحجار ثم تقطيعها إلى المقاسات المطلوبة ، وبصفة عامة يجب أن تتم عمليات النحت أو التشكيل للأحجار عقب استخلاص كتل من الحجر مباشرة للارتفاع بالطراوة التي تتوفر في الأحجار في هذه المرحلة .

#### رابعاً : مكان وطريقة وضع الأحجار في المبنى وطريقة ربطها :

مكان وضع الأحجار ووصفها يتوقف على اعتبارات معمارية وإنشائية فيتم تحديد حجم هذه الأحجار آخذين في الاعتبار العوامل الجوية التي سيتعرض لها المنشأ والأحمال وروبط المباني في الطبقات والكرائش والجلسات والنواصي والكتاف والاعتاب والأعمدة والأساسات وكذلك تأثير العوامل الأخرى مثل البرى والاحتكاك في الدرج والبلاطات والتبليطات وتربط الأحجار ببعضها بواسطة اللحامات سواء العادية أو التمشيقات بين الأحجار أو باستخدام المثبتات الجيرية أو الأسمنتية والمعدنية أو الرصاص المصبوب ، والمهدف من ذلك هو تثبيت الأحجار المتجاورة ومنع تحركها وحفظ توازنها كما هو الحال في الكرائش ومن أنواع اللحامات المذكورة :

١ - اللحامات العادية ( رأسية وأفقية ) ومنها ما هو ذو شكل خاص مثل الوصلة المستعملة في ظهر الكرائش لمنع

### العزل الصوقي في المباني الحجرية :

يمكن اعتبار الحوائط المصمتة سواء الخارجية أو القواطع المبنية بالحجر عازلة للصوت بسبب سمكها وكلما زاد سمك الحائط زاد عازلة للصوت كما يمكن بناء الحائط مزدوجاً وهذه الطريقة تزيد من قدرة الحائط على العزل الصوقي . أما الفتحات الموجودة في الحوائط ذات حجم أحجار صغيرة يجب مراعاة عزل الصوت سواء باستعمال عازلات الصوت أو بنائه مزدوجاً .

### الإجهادات التي يتعرض لها المنشأ الحجري وأسبابها :

تعرض الحوائط المصمتة سواء الخارجية أو القواطع المبنية بالحجر لعوامل عدة :

#### (أ) التمدد والانكماش :

وينتج ذلك بفعل تغير نسبة الرطوبة ويحدث ذلك بدرجة غير محسوسة في الأحجار الجيرية والنارية بينما الرملية فتتأثر بدرجة ضعيفة ولكنها لا تؤثر على سلامة المبنى وقد تحدث بعض الترميمات عند نهاية الجلسات والأعقاب المبنية بالحجر الرمل والنتيجة في مباني طوب وذلك لاختلاف درجة تمددها .

#### (ب) التمدد الحراري :

ويحدث ذلك نتيجة تعرض المنشأ لدرجات حرارة عالية ومعامل التمدد للأحجار صغيرة جداً إذ يتراوح من ٢,٧ إلى ١٦,٢ جزء من المليون لكل درجة حرارة مئوية ولذلك يراعى عمل فواصل تمدد في حالة زيادة طول المبنى عن ٣٠ متر لتفادي الإجهادات التي تنتج نتيجة لذلك ومن نتائجها تفتت أو تقشر الأحجار عند حروفها وقد تصل إلى إزاحة الأحجار على مرقعها وفي بعض الأحيان تصل الحالة إلى حدوث تصدع في الحائط . وكلما زاد طول الحائط ظهرت هذه الحالات بصورة أوضح كما تظهر أيضاً عند الفتحات وفي الحوائط القليلة الفتحات تظهر بشكل أوضح من تلك التي تحدث في الحوائط الصغيرة أو متعددة الفتحات ويمكن تلافى ذلك بتقوية الأماكن التي ينتظر حدوث شروخ بها مع الإكثار من فواصل التمدد .

### الفصل الثالث

### أسباب انهيار المباني بالطوب أو الحجر

تمثل مشكلة شروخ المباني عاملاً هاماً خاصة في المباني القائمة بنظام الحوائط الحاملة التي تقام بدون أعمدة خرسانية مسلحة ويكون في هذه الحالة السقف إما أن يكون من خرسانة مسلحة أو خشب أو حديد ونظام المباني القديمة إما أن تكون المبنية من الطوب أو الحجر أكثر عرضة للانهيار لأنها أقدم عمراً من المباني ذات الهيكل الخرساني ولو أنه بعض المباني القديمة التي تزيد عمرها عن مائة عام لازالت متأسكة وتوقف حالة المبنى على ٣٧٢ الإنشاء والإيثار

تسرب المياه ومن خلال اللحامات إلى داخل أجزاء البناء .

٢ - تخليق عاشق ومشقوق بين الأحجار ( اللحام المقصوم والتزوير ) وهي المستخدمة في البسطات وصنع العقود المستوية .

٣ - اللحامات المملوءة بالمونة أو الرصاص وتستخدم في ربط نهايات الأحجار الدستور المتجاورة والكرائيش تربط بعضها من جانب الحجر بسبب لباني الأسمت أو الرصاص المصهور من أعلى في جدار تنقر في الحجرين المتجاورين ( المتلاحقين ) .

٤ - الخواير وفيها يشق الحجر الذي يعلوه ويكون الخابور من معدن لا يصدأ كالبرونز أو من الحجر الصلب كالإردواز وقطاع الخابور إما مربع أو مستدير أو مستطيل والمهدف من استعمال الخابور هو منع الحجر من الحركة ويستعمل في أحجار الصاري الذي يتوسط فتحتين كي يعمل كتكئة واحدة وأحجار الأعمدة وتكنة الكرائيش والسلام الحجرية المستديرة .

٥ - باستعمال الكلابات وتستخدم في الأماكن التي تتعرض للشد طويلاً كالطلسانات الأقفية والمائلة وتكون من معدن لا يصدأ كالبرونز على شكل خوص ومقاسها بعرض ٢-٥ سم وطولها من ٩-١٨ سم وسمكها من ٦-١٥ مم والجزء المثني والذي يثبت في الحجر يتراوح بين ٤ سم/١٢ سم وتشحط الكلابة ثم يصب عليها القار أو مونة أسمتية والكلابات تكون من الحجر الصلب كالإردواز وبشكل ذليل الإجماع مزدوج ولكنها ليست بقوة المعدنية وتثبت الأعمال المعدنية في الأحجار ( مثل الدرازينات للسلام ) بالرصاص المنصهر والمصبوب في تجويف ينقر في الأحجار على هيئة مخروط ناقص ويغطي مكان الرصاص الظاهر بوردة معدنية .

#### ملحوظة :

يشترط في أحجار الحوائط الرابطة عموماً أن يكون ارتفاعها حوالي  $\frac{2}{3}$  طولها ولا يقل عرض مرقعها عن  $\frac{1}{3}$  سمك ( عرض الحائط ) .

### الوقاية من الأمطار والرطوبة :

المواد المستخدمة في العزل : الرصاص - النحاس - الزنك - الألمونيوم والفخيش المقطرن والبيتومين الساخن وتستعمل طريقة الدسرة عند وصلها .

وتنفذ مياه الأمطار في الحوائط الخارجية إما عن طريق الأحجار ذاتها وطبيعتها أو المونة الملاصقة أو عن طريق الشروخ بالحوائط - ويمكن زيادة مقاومة هذه الحوائط لاتصااص المياه ببياضها أو دهانها بمواد مانعة لنفاذ المياه . والحوائط المبنية بالبش المقلب أقل الأنواع مقاومة لنفاذ المياه ... أما الحوائط المفرغة ( المزدوجة ) فتصير ذات عزل أفضل .



مبنى تأثر بهود مياه جوفية كبرى

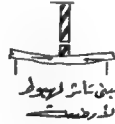
خصائص الطوب منها الذي يتمدد بزيادة محتوى الرطوبة والتقلص عند نقصه وكذلك المونة التي تم البناء بها وذلك للأسباب الآتية :

(١) الطوب الأسمنتي يعتبر الانكماش عند الجفاف من أهم عوامل التغير الحجمي .

(٢) الطوب الأحمر أو الطفل عندما يزيد محتوى الرطوبة يحدث التمدد ولكن عندما يتبع ذلك نقص في الرطوبة لا يحدث العكس .

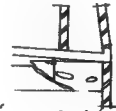
(٣) المونة التي يتم بها البناء فتؤثر على تماسك الطوبة لتكوين الحائط ويتوقف على امتصاص الطوبة للمونة ونسبة الأسمنت في المونة وهل تم التخييض جيداً عند البناء أم لا ثم تشبع الطوبة بالماء قبل البناء بحيث لا تتأثر المونة وتحف بسرعة نتيجة عدم تشبع الطوبة قبل البناء .

(٤) ضعف المباني بالطوب لمقاومة الشد وكذلك لو كان هناك تحرك في التربة تحت الأساس ولو كان ضعيفاً بسبب الشروخ وخاصة إذا كان تحركاً محدباً لأسفل أو هبوطاً طرفياً المبني بالنسبة لوسط أو هبوط الأرضية أو انتفاش التربة في الوسط بالنسبة للأطراف .



مبنى تأثر بهود مياه جوفية كبرى

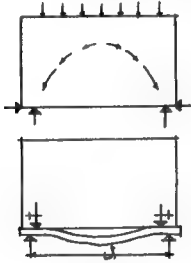
(٥) تمدد الطوب المؤسس على أساسات خرسانية معرضة للانكماش لأنها فوق سطح الأرض وتضع الحائط قيداً على حركة الأساسات وبالتالي تضع الأساسات قيداً على حركة الحائط هذا بالإضافة إلى تمعد المياه الداخلة في المونة وذلك بسبب شروخاً بهما وبالتالي تأثر المبني بتجمد الأساسات .



مبنى تأثر بتجمد الأساسات

(٦) تقوس البلاطات الخرسانية المرتكزة على المباني بسبب شروخاً وذلك نتيجة انتفاش التربة أو تمعد المياه أو وجود أملاح وكبريتات أو انكماش في الحوائط العليا أو تأثر المبني لوجود مياه جوفية كبريتية .

(٧) في المباني متعددة الطوابق يتقلص ارتفاع الإطارات الخرسانية تحت تأثير الأحمال يؤدي إلى انحناء شروخ حوائط الطوب الخارجية المثبتة داخلها وذلك في حالة إذا تم بناؤها في مرحلة مبكرة قبل استكمال الأحمال الميتة والرسم التالي يبين توزيع الأحمال .



توزيع الأحمال

أسباب الشروخ الرأسية في الحوائط الحاملة وعلاجها :  
vertical cracks

١ - الشروخ الرأسية تحدث غالباً نتيجة اختلاف الأحمال والإجهادات بين جزئين في المبني الواحد أو عند عمل امتداد لمنشأ قديم أى تحدث هذه الشروخ في المباني ذات الأحمال المختلفة وتحدث شروخ رأسية في الأركان وذلك بسبب الحركة نتيجة الحرارة في الحوائط المكونة من رقتين كما في الشكل التالي :

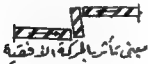


مبنى تأثر بالحركة الرأسية

## أسباب الشروخ الأفقية في الحوائط الحاملة وعلاجها

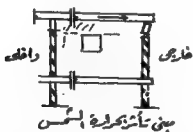
تحدث هذه الشروخ لمدة أسباب منها :

- (١) تحدث هذه الشروخ نتيجة انتفاخ الحائط أى حدوث حركة خارجية المستوى وهذه عادة تكون خطرة أو تأثير المبنى بالحركة الأفقية لأى سبب من الأسباب .



- (٢) عدم تطبيق المواصفات وعدم اتباع أصول الصناعة من حيث رص الطوب آدية وشناوى أو عدم الاهتمام بالمونة أو استخدام طوب غير متساوى أو بإجهادات كسر ضعيفة .
- (٣) شروخ في الأرضيات تفصلها عن أكافها بالحوائط وتعتبر خطيرة لأنها قد تسبب في سقوط السقف الخرساني .
- (٤) تمدد الحوائط الممتدة في نفس الاتجاه مما يسبب شروخاً عند التقاء الحوائط المتعامدة معها في المسقط الأفقى .
- (٥) شروخ في أكاف المبنى نتيجة إجهادات القص وتعتبر شروخ خطيرة لأنها تقلل من كثافة الكتف في حمل الأسقف عليه .

- (٦) تصدعات السلم حيث إن درج السلم بالاذنجانة المحمل كابول على الحائط ويحدث مائة السلم على أساس التثبيت الجيد في الحائط وهذه الشروخ تكون نتيجة هبوط طرف درج السلم نتيجة صلابة الحديد أو ضعف تيبته مع الزمن وهذه الأسباب تؤدي إلى ترخيم الدرجة وتنشأ الشروخ الأفقية عند التقاء القلبة ببسطة الدور أو الصلدة ما بين الدورين .
- (٧) شروخ نتيجة تمدد الحرارة وذلك نتيجة حرارة الشمس وعدم وجود طبقة عازلة للحرارة أو الرطوبة فوق الأسقف .

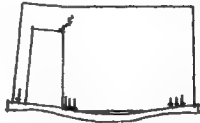


ويم علاج هذه الشروخ بالطريقة الآتية :

- (١) يختص الحوائط الحاملة للسلم بالاذنجانة فيم علاج هذه الشروخ بتوصعة بعمق وعرض مناسبين ثم إتمام النظافة ويستحسن حقن هذه الحوائط ولا يكفى ترزيرها وملئها بالمونة أما درجات السلم في حالة تفككها من الحوائط فيمكن عمل أعمدة حديدية في فانوس السلم لحمل السلم عليها عن طريق

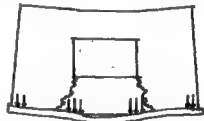
٢ - الهبوط المحدث hogging ينتج عنه شروخ في أعلى المبنى بالطوب المفتوحة من أعلى عند وجود كميرات رابطة أعلى الحوائط .

٣ - في الحوائط الستائرية تحصل الشروخ الرأسية عند ترخيم الأسقف كما في الشكل التالى :



## الحوائط الستائرية - تأثير ترخيم الأسقف

٤ - نتيجة ترخيم الكميرات يحصل الشروخ الرأسية أو على زاوية عند الجلسات والأعتاب كما في الشكل التالى :



## تكمية الشروخ عند الجلسات والأعتاب

٥ - وتظهر شروخ فاصلة بين الحوائط المتعامدة على بعضها وتظهر هذه الشروخ نتيجة فصل الحائط الواحد إلى عدة أجزاء وخاصة إذا كان هذا الحائط عمودياً وفي اتجاه الزلازل علماً بأن الشروخ الرأسى الذى يزيد اتساعه عن ١ سم يعتبر خطيراً إنشائياً ، ويتم العلاج بالطريقة الآتية :

- (١) الشروخ في حدود ٣ م تعتبر رقيقة للدرجة لا تؤثر على قدرة الحائط على حمل الأحمال الرأسية ويمكن إصلاحها بفتح الشروخ وتنظيفها من الفتات ثم ملء بمونة لانتكش لا تقل مقاومتها للضغط عن ٤٥-٥٥ كجم : سم<sup>٢</sup> .
- (٢) الشروخ أعرض من ٣ م يتم حقنها بمونة الأسمنت والرمل المحسنة بالإضافات التى تزيد تماسكها مع الحجر ويقلل انكساشها .

(٣) الشروخ من ٥ م : ١٠ م لا تصلح عملية الحقن ويتم علاج هذه الشروخ بتزير طوب أفقية عمودية على الشروخ ويتم تقليبها بمونة مع الإضافات أو يتم ذلك بفتح شنابش أفقية وتوضع أسياخ تسليح بعدد وأقطار مناسبة ثم يتم ملء الشنابش بالمونة ويمكن استخدام التزير بكبسولات من الصلب .

الميكانيكية من أشهر أنواع الشروخ. وهي تحدث بين الكمرات الخرسانية والمباني أو بين أى أجزاء خرسانية والمباني المجاورة لها أو بين الأعمدة والمباني .

تكون هذه الشروخ واضحة في الواجهات القبلية وفي الأدوار العليا وتحت الكمرات التي بآخر دور وذلك بسبب تمدد الحرارة والانكماش الذي يتعرض له السقف الأخير وذلك عند عدم العناية بالعزل الحرارى وتحدث هذه نتيجة عدة عوامل منها :-

- (١) بخلاف تعرض المنشأ للحرارة مع اختلاف معامل التمدد الحرارى للخرسانة والطوب يصبح سوء التصنيع والتنفيذ عند التقاء المباني بالأعمدة مثل عدم وجود أسياخ من أسياخ قطر ١٣ مم خارجة من الأعمدة لربط المباني بالعمود وعدم العناية بوضع المونة الجيدة وملئها بين العمود والمباني بالمونة المناسبة .
- (٢) تحدث الشروخ بين الكمرات والطوب وذلك بسبب عدم التشحيط الجيد ولعلاج هذا يجب البناء قبل صب السقف وهذا أجود أنواع الربط بين الخرسانة والطوب وإذا قدر وتم البناء بعد صب السقف فيجب التشحيط الجيد بخلاف وضع خواير من الخشب توضع بين الطوب والكمرة مع ملو العرموس الآخر بالمونة الجيدة ولا يزيد سمكه عن العراميس التى يبالى الحائط .

وبتم علاج هذه الشروخ بالطريقة الآتية :

- (١) يتم توسعة الشروخ وتكسير الأجزاء الضعيفة ثم النظافة التامة بالضاغط الهوائى ثم دهان وجه برايمر إيوكسى ثم ملء الشروخ بالمونة الإيوكسية وذلك في حالة الرغبة في علاج هذه الشروخ بالمواد الإيوكسية .
- (٢) في حالة الترميم بالمونة الغير منكمشة يتم فتح هذه الشروخ وإزالة تكسير جميع المناطق الضعيفة ثم التنظيف بالضاغط الهوائى ثم الطرشة بالمونة المضاف إليها المواد البوليمية الرابطة bonding agente ثم ملو بالمونة مع التأكد من وصول هذه المونة إلى عمق الشروخ .

كمرات وكوابيل حديدية .  
(٢) أما الشروخ الانفصالية بين السقف والحوائط التي لا يصاحبها انفصال في كمرات السقف فيجب الأطمئنان أولاً على أماكن ارتكاز هذه الكمرات وسلامتها من التآكل مع الزمن ثم يتم ملء الفواصل بالمونة الأنتمنية العادية أما بخصوص إصلاح انفصال الأرضيات عن الحوائط فيمكن فكها وإعادة تركيبها لأنها مرتكزة ارتكازاً بسيطاً على الحوائط ويلزم عمل نخدة من مونة قوية أسفل كمرات السقف وتكون هذه النخدة من الخشب أو الحديد لتركز عليها الكمرة .

أسباب الشروخ المائلة في الحوائط وعلاجها :

#### Diagonal crachs

الشروخ المائلة في هذه الحالة تكون من أنشط أنواع الشروخ وتكون نتيجة اختلاف إجهادات التحميل على أجزاء التربة أو حلول هبوط غير مكافئ differential settlement .

وبتم علاج هذه الشروخ بالطريقة الآتية :

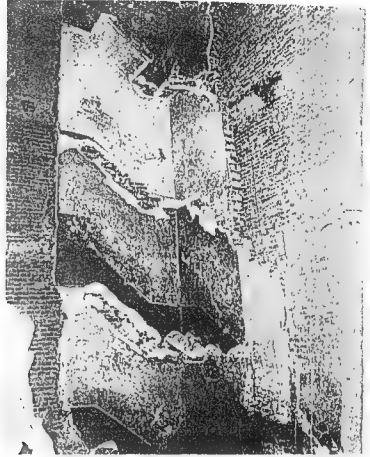
- (١) يتم توسعة الشروخ بعمق وعرض مناسبين ثم تتم النظافة الكاملة بالضاغط الهوائى ثم يتم عمل ترزير بقوالب الطوب ومونة غير منكمشة .
- (٢) ويمكن إنجام التكسير وفتح الشروخ بعرض وعمق مناسبين والنظافة ثم يتم عمل الترميم بملء الشروخ بمونة إيوكسية مناسبة .

(٣) ويمكن عمل شنايش عمودية على الشرخ بمقاسات مناسبة ثم التنظيف الجيد ثم وضع أسياخ حديد بأعداد وأقطار مناسبة ثم ملء الشنايش بمونة غير منكمشة .

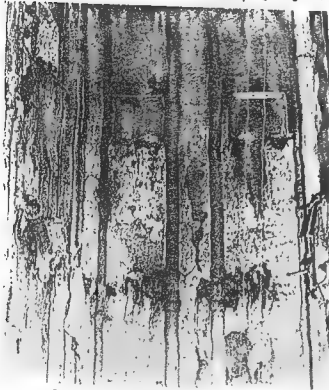
- (٤) إذا كان الهبوط الغير منتظم تسبب في انفلاق الحوائط والشروخ الأفقية وصاحبها انبعاج في الحوائط أو حركة فيجب صلب السقف وإزالة الحائط المتبكت وإعادة بنائه من جديد .
- (٥) إذا كانت الشروخ المائلة في جميع الأدوار حتي الدور الأرضى والأساسات فإنه يجب إخلاء المبنى فوراً وعمل الكشف على الأساسات وذلك بعد صلب المبنى صلباً جيداً وعمل تدعيم للأساسات ثم علاج كل شرخ حسب حالته .

علاج شروخ في المنشآت الميكانيكية :

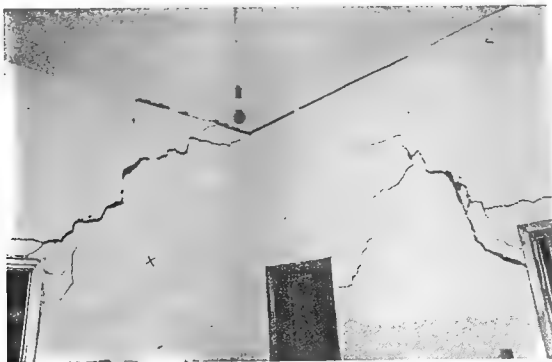
قد يحدث تلفاً بالمباني نتيجة للصدعات أو الاهتزازات أو المياه التسرية وتحدث بها شروخاً أو تصدعاً أو انبعاجاً مما يستدعى سرعة الترميم والإصلاح ، ويجب عند الترميم المحافظة على الأعمال القائمة ويشتمل الترميم على إزالة أو فك أو هدم الأجزاء التالفة وإعادة بنائها بنفس النوع والشكل وطريقة الإنشاء وأن تكون المواد المستعملة في الترميم من نفس المواد الأصلية وبفسن الخصائص، والأبعاد والشروخ في المنشآت



انهيار سلم بالذخانة بسبب عدم دخول الدرج بالقدر الكافي في الحوائط وعدم تثبيته جيداً



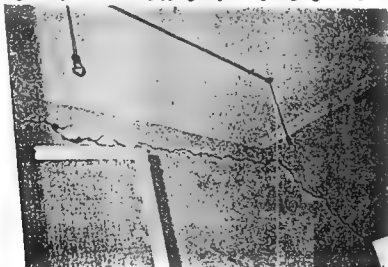
شروخ وتصدعات بسبب الإهمال النافذ عن سوء مصنعة الأعمال الصحية



شروخ على زاوية ٤٥° داخلية بالحجرة بسبب انتفاخ التربة المقام عليها المبنى من الطوب



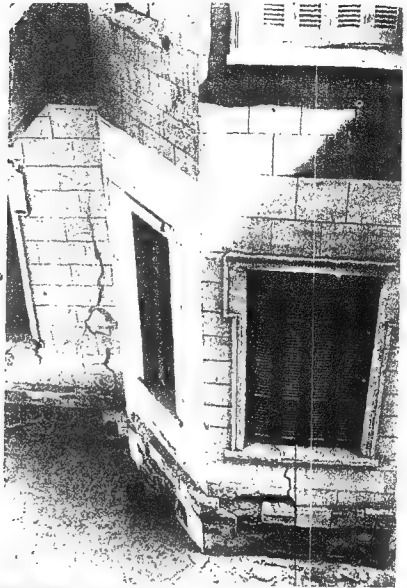
شروخ رأس خارجى لى مبنى من الطوب مكون من دور واحد بسبب الهبوط الغير متوازن فى التربة



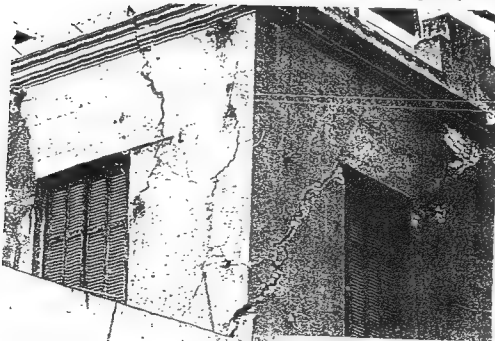
شروخ أفقى داخل الحجرة فى مبنى من الطوب أسفل الكمره المسلحة بسبب عدم التشعيط الجيد بين الكمره والمباني



شروخ رأسية بارتفاع الحائط وفوق الأعتاب في  
مبنى من الدبش بسبب الزلزال



شروخ رأسية وعلى زاوية ٤٥° في مباني  
من الطوب بسبب الزلزال





شروخ في الأعضاء الإنشائية بسبب الهبوط الغير متوازن في التربة

## الفصل الرابع

### معايير المعاينات لمعرفة أسباب الانهيارات

سبق في الفصل الثاني من الباب الثالث تحت عنوان زيارة الموقع وتنقسم إلى ثلاثة أقسام .  
أ - دراسة إجمالية عن المبنى .  
ب - فحص المبنى من الخارج .  
ج - فحص المبنى من الداخل .

وقد انصبت هذه الدراسة على مبنى واحد يمكن زيارته ونظراً لما استجد بالباب الثامن أعمال البناء وضمن هذا الباب بالفصل الثاني الإنشاء بالدبش وشروطه ، ويتلخص هذا الفصل لوضع مواصفات دقيقة لطريقة البناء وأسماء القطع الحجرية المكونة للمحاط وأنواع الدبش الذي يصلح في المبنى ، ولكن وجد عند تنفيذ المبنى بالدبش عدم الارتباط بهذه المواصفات . ويتم البناء بطريقة تبع كل البعد عن هذه المواصفات ، وكان المواصفات في واد وتنفيذ البناء بالدبش في واد آخر وذلك للسبب التالي .

- في سنة ١٩٨١ تم بناء عدة مجاورات بمدينة ١٥ مايو بعدة شركات من القطاع العام وتتكون هذه العمارات من دور أرضي وثلاثة أدوار متكررة والمبنى مضممة على أساس حوائط حاملة من الدبش والأساسات عبارة عن قواعد شريطية مستمرة تحت الحوائط الحاملة والأسقف من الخرسانة المسلحة ولكن هذه الشركات لم تلتزم بالمواصفات الفنية وأصول الصناعة لا بالنسبة

لأعمال المبنى بالدبش ولا بالنسبة لأعمال الخرسانات المسلحة وهذه الأعمال مجتمعة تلاحظ بها تجاوزات غير مسموح بها ، وعلى هذا الأساس قد انهارت بعض العمارات وقد تحركت هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة وكتبت إلى الشركات المنفذة وقامت كل شركة باقتلاب بعض الأساتذة الاستشاريين وهؤلاء الأساتذة قاموا بعمل المعاينة وكتابة التقرير عن الأشياء المعيبة وطريقة العلاج وعندما وصل هذا التقرير إلى هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة ودرسته فقد كلفت من جانبها أحد الأساتذة الاستشاريين بعمل معاينة أخرى للتأكد من سلامة التقرير المرسل من الشركات وفعلًا قام هذا الأستاذ الاستشاري بعمل تقرير آخر يختير مكملاً للتقرير الأول وزيادة بعض الملاحظات الهامة التي أغفلها التقرير الأول وللأمانة في القول كان كلا من استشاري الشركة واستشاري الهيئة يكتبون بكل إخلاص وأمانة وإن كان هناك بعض الاختلافات في الرأي وكان لكل منهما وجهة نظره ، ولكن التقارير كانت واثقة تبين الأسلوب العلمي لمعايير المعاينات لمعرفة أسلوب المعالجة بدقة وأمانة .

- وقمت بمهاجمة هذه الشركات بشدة في التجمعات العمومية وأعلنت هذه المهاجمة مكاتبات والأخذ والرد لا داعي لذكرها ولكن بآخر المطاف أراد الله أن أكون مشرفاً على بعض هذه المباني في تنفيذ طريقة العلاج وإصلاحها بأحد هذه الجالورات .

- في زلزال ١٢ أكتوبر سنة ١٩٩٢ قام مهندس الأحياء وبعض الاستشاريين بعمل تقرير عن الحالات التي تصعدت

وأبداً : ملاحظات عامة :

#### ١ - الرسومات :

يتضح من دراسة الرسومات التي تم الاطلاع عليها ما يلي :

١ - هناك بعض التحفظات على بعض الاعتبارات الإنشائية خصوصاً إذا ما روعي عدم سهولة الحصول على العمالة الفنية بالمستوى اللازم لتنفيذ مثل هذه المياني الحاملة .

ب - الرسومات ينقصها بعض التفاصيل لضمان دقة التنفيذ .

ج - يوجد بعض الاختلافات في أشكال التسليح المبنية على المساقط الأفقية والقطاعات وكذا بعض الملاحظات عليها .

#### ٢ - التنفيذ :

#### ١ - مياني الدبش :

١ - تم بناء الحوايط بالدبش على طريقة الدبش المروم ولم يراعى بصفة عامة أصول الصناعة في العديد من المواقع حيث استعملت قطع صغيرة من الدبش ولم يملأ بينه بالمونة جيداً مما نتج عنه العديد من الفراغات ومن ثم عدم تماسك تلك القطع خصوصاً مع صغر حجمها عن الحد المطلوب .

٢ - عدم محورية الحوايط الحاملة مع الأساسات أو القواعد الشريطية المستمرة في بعض العمارات .

#### ب - أعمال الخرسانة المسلحة :

١ - توجد بعض العيوب ناتجة عن سوء أعمال المصنوعات للخرسانة المسلحة من حيث عدم استقامة أو أفقية الكمثرات والبلاطات وبعض الغرف والبكونات ، وكذا دروة البكونات وقد نتج عن ذلك إما زيادة السمك لعلاج الميول ومن ثم الأوزان أو نقص في سمك البلاطة في بعض المواقع .

٢ - توجد بعض العيوب في أعمال الخرسانة المسلحة لبلاطات الأسقف مما نتج عنه وجود بعض الشروخ في هذه البلاطات وبعض من هذه الشروخ نافذة والبعض الآخر نتيجة فقر الخلطة الخرسانية أو عدم غلطها جيداً أو حدوث انفصال حبيبي أثناء الصب مع عدم وجود غطاء خرساني كاف لحديد التسليح في بعض الأماكن .

٣ - تنفيذ السلاالم الخرساني في عدد من الوحدات غير مرضى حيث توجد بعض الميول غير الصحيحة وكذلك الكثير من العيوب في الاتصال بين القليلات والبسطة أو كمر الفخذ الموجود بالحوايط .

٤ - بعض البكونات الخرسانية خصوصاً فوق المدخل الرئيسي لبعض الوحدات التي لم يتم تشطيبها يتحدث بها بعض الترخيم والاهتزازات الملحوظة عند تمريرها للتحميل خصوصاً مع وجود حركة عليها .

ولكن لم تكن هذه التقارير وافية فراءيت من واجبي ما دمت تعرضت بالفصل الثاني من هذا الباب وهو البناء بالدبش أن أعرض هذه التقارير ، ولم أذكر أسماء الشركات التي قامت بهذا العمل المشين ويجب دراسة هذه التقارير لثلاثة أسباب وهي : -

الأول : دراسة الطريقة التي تم بها أسلوب المعالجة ومدى دقتها وتوضيح كل صغيرة وكبيرة في موقع واسع مثل هذه الجاورات .

الثاني : هذه الدراسة تمت في مواقع واسعة ، والمياني متناثرة وكل مبنى له ظروفه في تنفيذه وتصميمه وطريقة الربط بين هذه المياني في تقرير واحد .

الثالث : طريقة العلاج التي أبدت لهذه المياني وكل مبنى مستقل بنفسه وما يجمعها إجمالاً وسنقوم بسرد هذه التقارير كما هي بدون تحريف أو إخلال مع عدم نشر اسم الشركة أو أسماء الأساندة .

التقرير الأول الصادر من الأساندة الذكائرة الاستشاريين إلى الشركة المنفذة وهو كالتالي .

### عملية إنشاء عمارات سكنية بالمجاورة رقم ٩ مقاولة شركة

#### أولاً : المقدمة :

هذا التقرير مقدم بناً على طلب شركة من أجل دراسة سلامة المنشآت التي قامت بها الشركة بالمدينة .

#### ثانياً : المعالجة :

تمت زيارة الموقع أكثر من مرة لمعمل المعائنات اللازمة كما تم الاطلاع على الرسومات المعمارية والإنشائية والتي قدمت بمعرفة شركة وكذا تقرير أبحاث التربة والأساسات .

#### ثالثاً : توصيف المياني :

- ✳ العمارات تتكون من دور أرضي وثلاثة أدوار متكررة .
- ✳ تصميم المياني على أساس حوايط حاملة من الدبش .
- ✳ الأساسات عبارة عن قواعد شريطية مستمرة تحت الحوايط الحاملة .
- ✳ ما تم تنفيذه حتى الآن هو كما يلي .

عدد

٢٣ عمارة على وشك التسليم الابتدائي .

١٠ عمارات لم يستكمل إنشائها بعد .

٢٣ عمارة تم لبعضها حفر الأساسات وأخرى لم يبدأ العمل بها .

## ج - أعمال التشطيبات :

- ١ - يوجد في بعض الأماكن يابض بمسك كبير نسبياً يصل أحياناً إلى حوالى ١٠ سم وذلك نتيجة لعدم استقامة الحائط .
- ٢ - تلاحظ وجود بعض التشميلات أو الشروخ في أعمال اليباض خصوصاً عند وصلات المباني ببعضها .
- ٣ - وصلات الربط بين حوائط الطوب الأحمر أو أكتاف الطوب الأحمر أو الهاكيات منه مع مباني الدبش غير مطابقة لأصول الصناعة مما ينتج عنه بعض العيوب في أعمال اليباض والتشطيبات .

## عاصماً : العلاج المقترح :

نقدم فيما يلي الخطوات الأولى من مراحل العلاج ويجرى الآن إعداد باقى المراحل والرسومات التفصيلية اللازمة لذلك وسيم تقديمها مستقبلاً بإذن الله .

- ١ - من الملاحظ أن عمالة أعمال المباني بالدبش ليست على مستوى الكاف لتوفير السلامة الإنشائية المطلوبة ، لذلك فإنه يجب استبعاد العمالة الموجودة بالموقع حالياً واستبدالها بعمالة على القدر المطلوب من الكفاءة حسب أصول الصناعة ، وفي حالة إمكانية عدم الحصول على العمالة المطلوبة فإننا نقتصر تنخير نظام الإنشاء بالحوائط الدبش الحاملة إلى أى نظام آخر ولكن بطريقة الهيكل الخرساني التقليدى وذلك بالنسبة للعمارات التى لم يتم صب أى سقف خرساني لها بعد والبالغ عددهم (٢٣) عمارة .
- ٢ - العمارات التى تمت بها أعمال المباني بالدبش والخرسانات :

❖ عمل اختبار على عينات من الحوائط الدبش وذلك عن طريق حقنها بمونة خاصة ذات لدونة عالية مع قياس كمية المونة المحقونة وإذا قلت كمية المونة المطلوبة للمء الفراغات الموجودة بالحائط عن  $\frac{1}{8} م^3$  لكل  $م^2$  من المباني الدبش فإن الحائط الدبش يمكن اعتباره مقبولاً من الناحية الإنشائية .

- ٣ - ضرورة التأكد من سلامة الرباط بين الحوائط الدبش والحوائط بالطوب الأحمر عن طريق حقن الأركان .

- ٤ - ترميم الأسقف التى بها شروخ في حدود ١ م وذلك باستعمال مونة غير قابلة للانكماش مع تحميل الأسقف التى يزيد الشروخ بها عن ١ م وذلك بعد ترميمها .

المهندس الاستشارى . المهندس الاستشارى . المهندس الاستشارى

ا.د ..... ا.د ..... ا.د .....

تحريراً في ١٩٨١/٤/١

## التقرير الثانى الصادر من الأستاذ الدكتور

الاستشارى لهيئة المجمعات العمرانية

للد على تقرير السادة استشارى الشركة

## تقرير فسى

عن عملية إنشاء عمارات سكنية ومباني خدمات

في مدينة ١٥ مايو بحلوان

بناء على طلب السيد المهندس / ..... نائب رئيس هيئة المجمعات الجديدة توجهت صباح يوم ٨١/٤/٦ مع أحد مهندسى مكتبنا برفقة سيادته إلى مدينة حلوان حيث انضمم إلينا الأستاذ الدكتور استشارى ميكانيكا التربة وذهبنا جميعاً إلى المدينة لمعاينة عماراتها السكنية .

طلب منا معاينة العمارات السكنية للمجاورة رقم ٩ مقالة شركة ..... وقد علمنا أنها تتكون من ٥٦ عمارة مصممة على أن تتكون من دور أرضى وثلاثة أدوار علوية بنى بالطريقة التقليدية ذات الحوائط الخارجية الحاملة من الدبش مسك ٥٠ سم في الدور الأرضى ، ٤٠ سم في الثلاثة أدوار العلوية بها قواطع داخلية من الطوب مسك ١٢ سم . الأسقف والسلام المسلحة ترتكز مباشرة على الحوائط الخارجية الحاملة وكمرات مسلحة تحت القواطع ترتكز بدورها على الحوائط الخارجية .

وتنقسم العمارات السكنية لهذه المجاورة إلى ثلاث مجموعات كما يلي :-

أ - ٢٣ عمارة على وشك التسليم بعضها تم تشطيبه والبعض الآخر تحت التشطيب وهي تتكون من دور أرضى وثلاثة أدوار حسب التصميم .

ب - ١٠ عمارات تحت الإنشاء صدرت التعليمات بينها من دور أرضى ودورين علويين فقط نظراً لما يظهر من عيوب في بعض العمارات التى تم إنشاؤها .

ج - ٢٣ عمارة بدىء في حفر أساساتها .

نظراً لهبوب عاصفة رملية شديدة أثناء المعاينة فقد اكتشفنا بمعاينة سريعة لبعض العمارات التى تحت الإنشاء وهى الوحيدة ج - ٢ ، أ - ١١ ، د - ١٨ على أن تستأنف المعاينة بعد دراسة الرسومات والظروف المختلفة التى أحاطت بالعملية . وقد تبين لنا ما يلي :-

❖ الحوائط الخارجية الحاملة قد بنيت بطريقة الدبش المروم وقد

✱ قسى الشدات لم تراعى الدقة الواجبة في استوائها أو الالتزام بتنفيذ جميع الوحدات حسب رسومات ملزمة تحوى تفاصيل كافية وأصول تحب مراعاتها .

✱ فقد لاحظنا أن المبد فوق الحوائط - عمق ٢٠ سم فقط وعرض يساوى عرض الحائط ناقص ١٠ سم لتتشى مع الاتجاهات - موجودة فوق بعض الحوائط وغير موجودة فوق بعضها الآخر . وحتى لو كانت موجودة فإن أغلب حمل السقف منقول إلى الجزء الأوسط من الحوائط وهو أضعف جزء فيها إذ أنه كما سبق وبيننا ملء بكسر الحجر والطوب وموته قليلة .

✱ ولا يخفى أن وظيفة المبد هي توزيع أحمال الأسقف والحوائط العلوية على الحوائط السفلية الحاملة وكلما كانت الحوائط ضعيفة - كالحالة التي نحن بصدها - وجب أن تكون المبد قوية وبها تسليح كاف يتخذ عند الأركان بالدقة الواجبة لتعمل كإطار أفقي يمنع الحوائط من أى حركة للخارج .

✱ عابنا بعد الكمرات الرئيسية الحاملة ذات العمق الكبير نسبياً فوجدناها توضع على الحوائط الحاملة مباشرة دون عمل خنذة تحتها ، صحيح أن هذه لم تظهر على الرسومات ولكن أصول الصناعة يقتضى عملها ، وكان على المقاول والسادة المشرفين تداركها .

✱ وجدنا بعض الدراوى المسلحة للبلكنات وارتفاعها يزيد على المتر بها ميل كبير ملحوظ ، كما لاحظنا اختلافاً كبيراً في بروز جانبي بلكنة واحدة وترخيم بعض أركان هذه البلكنة بشكل ملحوظ وغير مقبول .

✱ بمعاينة إحدى البلكنات فوق المدخل وجدنا أنها تمتاز عند الضرب البسيط على طرفها مما يدل على عدم كفاية جسامتها لسبب أو أكثر من الأسباب الآتية :-

ضعف الخرسانة أو قلة سمكها أو قلة تسليحها أو عدم وضعه في مكانه الصحيح .

✱ كما لاحظنا أن بعض الأعتاب فوق الأبواب غير مستوية وبعضها خلو من التسليح .

✱ لم يراع في بعض السلام انتظام ميلها في الاتجاه الطولى أو استوائها في الاتجاه العرضى .

✱ أما الخرسانة فلم تتخذ بالعناية الواجبة فلا نعتقد أنه كانت هناك متابعة أو اختبارات دورية للجودة . فإظاهرا لنا أنها خرسانة ضعيفة وغير كثيفة وبها تعشيش كثير خصوصاً في السلام حيث يظهر حديد التسليح السفلى خصوصاً بين القليات المختلفة والبسطات الواسطة أو بلاطات الأدوار ويبدو من منظر الخرسانة في أماكن التعشيش عدم كثافتها وعدم الاعتناء بدمكها ، كما لاحظنا أن التسليح السفلى للسلم والذي كان من

ظهر لنا جالياً أنه لم يراع في إنشائها أصول الصناعة إذ أن وجهى الحائط الخارجيين قد بنيا بالدبش الطبيعى النشم الذى يتراوح سمكه بين ١٠ ، ١٥ سم وقد بنى حيثما اتفق ولذلك فإن كثيراً من الدبش في هذه القشرة الرقيقة لم يبن على مرقده الطبيعى وقد ملئ الفراغ الأوسط من الحائط بكسر الدبش والطوب صغير الحجم والغير مسموح باستعماله ولم نلاحظ وجود أى مداميك رابطة في كل ما عابناه وإنما تلاحظ لنا أن كمية المونة التى استعملت في بناء هذه الحوائط وخصوصاً في الجزء الأوسط كانت قليلة جداً .

✱ هذا وإن كانت بعض الأكتاف عند المداخل قد بنيت بحجر الدستور إلا أن هذه الأكتاف مثلها مثل القواطع الداخلية من الطوب لم تتشقق مع الحوائط الحاملة ولكنها منفصلة عنها في كامل ارتفاع الدور .

✱ ليس هذا فحسب إذ أن التجاوز عن أصول الصناعة قد تناول التخطيط واستقامة الحوائط أفقياً ورأسياً فبعض المبد الحاملة للحوائط الرئيسية لم تتخذ جوانبها رأسية مما ترتب عليه عدم انطباق محور الحائط على محور المبد التى تحملها .

✱ موقع المدينة صخرى ولذلك فإن الحوائط الخارجية لهذه المباني مؤسدة على شرائح مستمرة من الخرسانة العادية ترتكز مباشرة على الصخر تعلوها ميدة مستمرة من الخرسانة المسلحة . وترتكز القواطع على كمرات مسلحة محمولة على المبد الرئيسية للحوائط الخارجية وتحمل ظروف هذا الموقع أحسن الظروف الملائمة للتأسيس .

✱ نظراً لما سبق من عيوب جسيمة فقد ظهرت شروخ في بعض الحوائط الدبش عند سطح الأرض ( نموذج أ - ١١ مثلاً ) كما لاحظنا وجود شرخ قطرى من الداخل في أحد حوائط نفس النموذج رغم صلابة طبقة الأساس .

✱ بمعاينة إحدى الوحدات التى تم بناؤها لاحظنا أن سمك البياض يصل في بعض الأماكن إلى أكثر من ١٠ سم ورغم ذلك لم يكن السطح الداخلى مستوياً وبه فروق رأسية في بعض الأحيان وأفقية في بعضها الآخر يصل إلى بضعة سنتيمترات كما كانت أركان بعض الحجرات غير رأسية وفي بعضها شروخ رأسية نتيجة لعدم تعشيق المباني في الأركان كما لاحظنا وجود شروخ متسعة في بياض سقف إحدى الوحدات ( د - ١٨ ) .

لم تكن أعمال الخرسانة المسلحة للمباني التى عابناها من سلام وأسقف وكمرات وبلكنات ودراوى ومبدا وأعتاب .... إلى آخره أحسن حالاً من أعمال المباني ، وقد لاحظنا فيها - هي الأخرى - عدم الالتزام بأصول الصناعة إذ إن بها جميع أنواع التجاوزات غير المسموحة سواء في الخرسانة أو صلب التسليح .

الواجب أن يستمر فيما بين البسطة وإحدى القليبات قد توقف في هذا المكان المخرج .

ظهرت شروخ في بعض البلاطات موازية لحديد التسليح السفلي مما يدل على أن الغطاء الخرساني غير كاف وأن الخرسانة مسامية ، ولذلك فإن حديد التسليح قد بدأ يصدأ ، كما ظهرت شروخ أخرى قطرية تبدأ من أركان السقف وهو دليل على ضعف الخرسانة أو قلة التسليح أو كليهما ( عمارة ب١ ) .

وكانت بلاطات بعض الأسقف ضعيفة بحيث إن سقوط ديشة على السقف أثناء التنفيذ قد خرقة ( نموذج د - ١٨ ) .

من أغرب ما لاحظناه في بعض العمارات هو وجود آثار لشدة في قاع بعض الميذ فوق الحوايط الحاملة مما يدل على أنه عملت أكتاف فقط من الحوايط ثم شد قاع الميذ بين هذه الأكتاف وحسب السقف ثم استكمل بناء الحائط بين الأكتاف ، ويترتب على ذلك عدم ارتكاز السقف على كامل طول الحائط الحامل له .

عند انتهاء معاينتنا لبعض عمارات المجاورة ٩ توقفنا عند إحدى عمارات المجاورة ٨ مقابلة شركة ..... وكانت تحت التشييد بالطريقة التقليدية وقد وجدنا مستوى التنفيذ مماثلاً لما شاهدناه في المجاورة ٩ .

نظراً لهذه العيوب طلب الجهاز من مقالو المجاورتين ٩، ٨ انتداب بعض المستشارين المختصين بأعمال الإنشاءات لمعاينة المجاورتين وتقرير حالتها واقتراح وسيلة علاج المييب منها لضمان سلامتها حفاظاً على سلامة الشاغلين لما طلبت الاطلاع عليها إن أمكن .

استلمت رسومات العمارات السكنية للمجاورة رقم ٩ بعد معاينتنا يوم ٨١/٤/٩٦ كما وصلتني رسومات المجاورة رقم ٨ وتقارير السادة مستشاري المجاورتين يوم ٨١/٤/٩٦ فيدأنا بدراسة رسومات وتقرير المجاورة ٩ التي عايننا بعضاً من وحداتها .

بالاطلاع على التقرير رقم ١ الخاص بالمجاورة رقم ٩ والمقدم في ٤/١ سنة ١٩٨١ من السادة الأساتذة:- ذكر أساذ الخرسانة المسلحة بكلية الهندسة جامعة عين شمس وذكر أساذ الخرسانة المسلحة بكلية الهندسة جامعة القاهرة وذكر أساذ الأساسات بكلية الهندسة جامعة القاهرة وجدناه يكاد يتفق معنا تقريباً في سرد العيوب التي ظهرت في العمارات السكنية ، ونلخص فيما يلي أهم ما جاء به من نقاط مشفوعة برأينا على أساس دراستنا لرسومات المشروع وما عايناه على الطبيعة أثناء زيارتنا للموقع . جاء بالتقرير تحت بند رابعاً - ملاحظات عامة (الرسومات) .

يتضح من دراسة الرسومات التي تم الاطلاع عليها ما يلي :-

أ - هناك بعض التحفظات على بعض الاعتبارات الإنشائية خصوصاً إذا ما روعي عدم سهولة الحصول على العمالة الغنية بالمستوى اللازم لتنفيذ مثل هذه المباني الحاملة .

ب - الرسومات يتقصها بعض التفاصيل لضمان دقة التنفيذ .

ج - يوجد بعض الاختلافات في أشكال التسليح المبينة على المساط الأتقية والقطاعات وكذا بعض الملاحظات عليها .

ولنا بعض الملاحظات الأساسية على ما جاء بهذا البند :-  
أ - الأرض في هذا الموقع صخرية وهي بذلك تمثل أحسن الظروف ملائمة للبناء ولا يخش فيها من فروق في الهبوط وتحصل جهوداً عالية .

ب - مباني العمارات السكنية التي نحن بصدها من أبسط أنواع الإنشاءات التي لا تحتاج في تصميمها لمعرفة خاصة .

ج - المقاول جهاز فني مسئول عن سلامة ما يقوم به من إنشاءات سواء من ناحية التصميم الإنشائي أو التنفيذ الذي يجب أن يكون حسب أصول الصناعة .

صحيح أن هناك نقصاً في بعض التفاصيل وأن هناك اختلافاً في أشكال التسليح على المساط الأتقية والقطاعات ..... ولكن التصميم في مجموعه سليم ، وكان لزاماً على المقاول استكمال النقص وعمل التفاصيل التوضيحية بحيث يتفد المبنى طبقاً لأصول الصناعة ، ونحن نعتقد أن المقاول مسئول عن استكمال وسلامة التصميم الإنشائي ، وكان على السادة المشرفين تنبيه المقاول لاستكمال أي نقص أو تفصيل أي غامض أو ضبط أي تفصيل حتى لو أدى الأمر للرجوع إلى المكتب الاستشاري المصمم .

أما ما جاء بالتقرير تحت بند ٢ : التنفيذ :

أ - مباني الدبش :-

١ - تم بناء الحوايط بالدبش على طريقة الدبش المروم ولم يراع بصفة عامة أصول الصناعة في العديد من المواقع حيث استعملت قطع صغيرة من الدبش ولم يملأ بينه بالمونة جيداً مما نتج عنه العديد من الفراغات ومن ثم عدم تمليك تلك القطع خصوصاً مع صغر حجمها عن الحد المطلوب .

٢ - عدم عمورية الحوايط الحاملة مع الأساسات أو القواعد الشريطية المستمرة في بعض العمارات .

ب - أعمال الخرسانة المسلحة :-

١ - توجد بعض العيوب ناتجة من سوء أعمال المصنعات للخرسانة المسلحة من حيث استقامة أو أتقية الكمرات

والبلاطات ببعض الغرف والبلكونات وكذا دروة البلكونات ، وقد نتج عن ذلك إما زيادة السمك لملاج اللول ، ومن ثم الأوزان أو نقص سمك البلاطة في بعض المواقع .

٢ - توجد بعض العيوب في أعمال الخرسانة المسلحة لبلاطات الأسقف مما نتج عنه وجود بعض الشروخ في هذه البلاطات وبعض هذه الشروخ نافذة والبعض الآخر نتيجة فقر الخلطة الخرسانية أو عدم خلطها جيداً أو حدوث انفصال حبيبي أثناء الصب مع وجود غطاء خرساني كاف لحديد التسليح في بعض الأماكن .

٣ - تنفيذ السلام الخرسانية في عدد من الوحدات غير مرضى حيث توجد بعض اللول غير الصحيحة وكذلك الكثير من العيوب في الاتصال بين القليات والبسطة وكمز القعذ الموجود بالخواط .

٤ - بعض البلكونات الخرسانية فوق المدخل الرئيسي لبعض الوحدات التي لم يتم تشطيبها يحدث بها بعض الترخيم والاهتزازات الملحوظة عند تعرضها للتحميل خصوصاً مع وجود حركة عليها .

نخلص من هذا إلى أن أعمال الخرسانة المسلحة لم تتم هي الأخرى طبقاً لأصول الصناعة .

### ج - أعمال التشطيبات :

١ - يوجد في بعض الأماكن بياض بسمك كبير نسبياً يصل أحياناً إلى ١٠ سم وذلك نتيجة لعدم استقامة الخواط . رغم هذا السمك الغير مسموح لم تكن الخواط مستوية رأسياً أو أفقياً .

٢ - تلاحظ وجود بعض التشتملات والشروخ في أعمال البياض خصوصاً عند وصلات المباني ببعضها .

٣ - وصلات الربط بين حوائط الطوب الأحمر أو أكتاف الطوب الأحمر أو المخاكيات منه مع مباني الدبش غير مطابقة لأصول الصناعة مما ينتج عنه بعض العيوب في أعمال البياض والتشطيبات .

هذا بالإضافة إلى عدم استقامة بعض الأركان ووجود شروخ رأسية في بعضها الآخر نتيجة لعدم تشييق المباني ببعضها .

### ب - خلاصاً : العلاج المقترح :

١ - من الملاحظ أن عمالة المباني بالدبش ليست على المستوى الكافي لتوفير السلامة الإنشائية المطلوبة لذلك فإنه يجب استبعاد العمالة الموجودة بالموقع حالياً واستبدالها بعمالة على القدر المطلوب من الكفاءة حسب أصول الصناعة وفي حالة عدم إمكانية الحصول على العمالة المطلوبة فإننا نقرح تغير نظام الإنشاء بالخواط الدبش الحاملة إلى أي نظام آخر وليكن

بطريق الميكال الخرساني التقليدي وذلك بالنسبة للمباني التي لم يتم صب أي سقف خرساني لها بعد والبالغ عددها ٢٣ عمارة .

٢ - المباني التي تمت بها أعمال مباني بالدبش والخرسانات :-

عمل اختيار على عينات من الخواط الدبش وذلك عن طريق حقنها بمونة خاصة ذات لدونة عالية مع قياس كمية المونة المحقونة وإذا قلت كمية المونة المطلوبة لملاء الفراغات الموجودة بالخواط عن  $\frac{1}{8}$  م<sup>٣</sup> من المباني الدبش فإن الخواط الدبش يمكن اعتباره مقبولاً من الناحية الإنشائية .

٣ - ضرورة التأكد من سلامة الرباط بين خواط بالدبش وخواط بالطوب الأحمر عن طريق حقن الأركان .

٤ - ترميم الأسقف التي بها شروخ في حدود ١ م وذلك باستعمال مونة غير قابلة للانكماش مع تحميل الأسقف التي تزيد الشروخ بها عن ١ م وذلك بعد ترميمها .

يتبين واضحاً من هذه القرارات أن السادة مستشاري المقاول غير مطمئنين إلى هذه المباني والتي تمت مبانيها وخرسانتها وتشطيبها دون الالتزام بأصول الصناعة ولذلك طلبوا استبعاد العمالة الموجودة بالموقع حالياً واستبدالها بغيرها ممن يعلمون أصول الصناعة أو استبدال طريقة البناء كلها بمباني هيكيلة من الخرسانة المسلحة هذا وإن كنا لاحظنا أن أعمال الخرسانة المسلحة بل وأعمال البياض لم تتم طبقاً لأصول الصناعة مما ترتب عليه ظهور العيوب التي سردناها والتي مستزدة في المستقبل مع الاستعمال وأن أعمالاً لم تتم طبقاً لأصول الصناعة لا يمكن الأطمئنان إليها . ونظراً لأن سلامتها ضرورية لسلامة شاغليها فإننا نرى أن إجراء تجارب على بعض المساكن - وحتى نجاح هذه التجارب - لا يمتنى سلامة جميع المساكن فقد يكون الطبيعي هو رفض مثل هذه المباني أو على الأقل فإننا نرى أنه من الضروري إصلاح جميع الخواط بالحقن وتحميل جميع الأسقف وإزالة كل ما تظهر به شروخ تزيد عن ٥ سم أو يزيد ترخيمه عن المسموح .

في يوم ١٤/٤/٨١/١٤ وصلني خطاب رقم ٧٠٩ يطلب فيه السيد المهندس نائب رئيس هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة منا معاينة الوحدات السكنية بالمخاورة رقم ٨، رقم ٩ وكذلك مباني الخدمات العامة بالمخاورة ٩ .

بناء عليه تم الاتفاق بيننا وبين السيد المهندس وكيل الوزارة رئيس الجهاز بمدينة ١٥ مايو ٨١/٤/١٥ على أن نستأنف معاينة الوحدات السكنية للمخاورة رقم ٨ ومباني الخدمات العامة بها وكذلك الوحدات السكنية بالمخاورة رقم ٩ يوم ٨١/٤/١٩ استأنف

من الحجر وكسر الطوب قليل المونة بالداخل وعدم وجود مداسيك رابطة وعدم تمشييق القواطع الداخلية وبعض أكثاف الداخل عند الأركان ، كما أن الحوائط لم تكن مستوية أفقياً ورأسياً ( رقم ٧ بلوك B ) أى أنها هي الأخرى لم تكن طيلاً لأصول الصناعة ( لاحظنا أن بعض نواصي الحوائط في قصة الردم كانت تنبئ بالطوب الأحمر ) .

● أعمال المسلح كانت على نفس مستوى المجاورة ٩ من حيث نوع الخرسانة وسوء تنفيذ ففى ضعيفة ومسامية وعدم مخدات فوق الحوائط الرئيسية تحت الكمرات الرئيسية وعدم استواء أعتاب الأبواب وخلو بعضها من التسليح كما لم تكن السلام أحسن حالاً من نظيرتها في المجاورة ٩ ( نموذج B بلوك C ) هذا وإن كان- عمق المد في هذه المجاورة ٣٠ سم ولم تظهر في البلكونات العيوب التي ظهرت في المجاورة ٩ لوجود كوابيل على جانبي البلكونات ، وكمره عريضة عند الواجحة تعمل بربوز البلكونة ، ويمكن معرفة مدى اطمئنان السادة مستشاري المقاول إلى هذه العمارات وهما الأستاذ الدكتور .... أستاذ الإنشائات بكلية الهندسة جامعة القاهرة والسيد المهندس .... مستشار إنشائي من ما يقترحاته من علاج لهذه العمارات .

فى البند ثالثاً - العلاج المقترح وركوب الكمرات على الحوائط الدبش ما على :-

بالرغم من عدم ظهور شروخ في الحوائط حتى الآن إلا أنه يفضل علاج سوء المنصبة في بعض أجزائها وكذا بعض الفراغات التي وجدت كالآتي :-

٢- نوصي بالحقق بلهاني الأمتت ١ أمتت ١ : رمل ( ٦٠٠ كج أمتت ٢/م ) للحوائط الدبش بالأساس وحوائط الدور الأرضي ، أما الأدوار فيكتفى بمحقن الأجزاء عند ارتكاز كمرات السقف R10 فقط وضغط الحقن لا يزيد عن ١ كج/سم<sup>٢</sup> .

٣- الأسقف التي لم يتم صبها نوصي بأن يكون ارتكاز الكمره R10 بكامل طول الكف أى ١,٥ م وبعرض ٣٠ سم .

٤- نوصي بالاكفاء بعدد دورين فوق الأرض لإمكان الحصول على جهود أقل بالنسبة لحوائط الدبش .

لما كانت حوائط جميع الأدوار قد بنيت بتغير مطابقة لأصول الصناعة فإننا نرى ضرورة حقن الحوائط بجميع الأدوار ( توصية ٢ ) .

ولا يوجد مانع من تنفيذ التوصية رقم ٣ .

أما التوصية رقم ٤ وهي بالاكفاء بدورين فوق الأرض فقط لإمكان الحصول على جهود أقل بالنسبة لحوائط الدبش - وليس

منهونا في الموعد المحدد معالجة وحدات المجاورة رقم ٩ وتلاحظ ما على :-

● أن العيوب التي سبق سردها في الباني السكنية سواء في أعمال المباني أو المسلح أو الياض متشعبة بعضها أو كلها في باقي الوحدات .

● نظراً لاختلاف عتوط الكونكتور في الموقع فإنه قد لاحظ أن الأدوار ليست في نفس المستوى في العمارات المتلاصقة .

● يوجد فاصل بين المارتين المتبعتين ج ٤ ، ج ٥ وقد لوحظ أن الفاصل مغلق تماماً في الدور الأرضي وليس رأسياً في باقي الارتفاع . بالنسبة لمباني الخدمات العامة للمجاورة ٩ فقد تبين لنا أنها تتكون من :-

١ - مدرسة الحضنة والسوق التجاري والمصل .

٢ - المدرسة الابتدائية وصالة الألعاب والمبنى الملحق والمرجعات وغن نرى لإجرائها حالياً حتى تم دراستها وستضمها تقريرنا الفنى رقم ٢ بإذن الله .

أما بخصوص المجاورة ٨

تتكون هذه المجاورة من ٤٤٨ وحدة سكنية ( ٧ نماذج ) أسند إنشائها إلى شركة .... وهي تتكون من مجموعات مختلفة صممت على أن تتكون كل وحدة من دور أرضي وثلاثة أدوار علوية ويمكن تقسيمها كما على :

أولاً - عمارات نفذت بالطريقة التقليدية ( حوائط حاملة من الدبش ) وهي :

١٥ عمارة نموذج B

١ عمارة نموذج Z

١ عمارة نموذج S

٢ مدرسة حضنة ( الوحدات ٦٦ ) .

ثانياً : بقية العمارات وقد نفذت بشكل مسلح قام المقاول بتحصيره ووافق عليه الجهاز .

أولاً : العمارات ذات الحوائط الحاملة

● بنيت هذه العمارات بالطريقة التقليدية ذات الحوائط الحاملة بالهيكل الخارجي وعمودين مسلحين في الداخل ( مقاس ٦٠×٢٥ سم ) أسسا على قواعد متعزلة .

● قمنا بمعالجة للمارات نموذج B بلوك C ورقم ٦ بلوك A ورقم ٧ بلوك B .

● وتبين أن الحوائط الحاملة من الدبش كانت مماثلة لحوائط المجاورة ٩ وبها كل عيوبها من حيث تكونها من قشنتين خارجيتين من الدبش الفخيم بنينا حيثما اتفق ووجود قطع صغيرة



بالنسبة للجهد تحت طبقة الأساسات إذ أن الأرض صخرية - فهي تمنى خفض عدد الوحدات ٢٥٪ .

وقد أرفق مقالو المجاورة ٨ مع التقرير المورخ ١٩٨١/٤/٢ والذي ذكر فيه ما على :-

ولزيادة التأكد من سلامة المباني ستقوم الشركة بعد تنفيذ الملاحظات الواردة بالتقرير بتحميل جميع الأتوار لكل مبنى دفعة واحدة بحمل يوازي مرة ونصف من مجموع الأحمال الحية والميتة ( أى بواقع ٥٠٠ كج/م<sup>٢</sup> ) .

النتيجة مؤسفة أشد الأسف إذ أنه نتيجة لسوء التنفيذ وعدم الالتزام بأصول الصناعة لا بد من حقن جميع الحوائط وتحميل جميع الأسقف ونقص عدد الوحدات ٢٥٪ وهذا كله فى مبنى تقليدية مؤسسة على الصخر !! .

وظاهر أن التوصية رقم ٤ هى سبب الاختصار على دور أرضى ودورين فى العمارات التقليدية بهذه المجاورة وما لم يتم من المجاورة رقم ٩ .

#### التحراج طريقة العلاج .

١ - حقن الحوائط الحاملة فى جميع العمارات بمونة الأسمت والرمال ( ٦٠٠ كجم أسمت لكل م<sup>٣</sup> رمل ) أو أى مونة خاصة ثبتت صلاحيتها بحيث تضمن ملء الفراغات والفواصل الداخلية لكل مبنى مع عرض الطريقة التفضيلية لأعمال الحقن وطريقته لتحدد من الجهاز .

٢ - تكسير جميع البلاطات والدرولى والبلكونات التى ظهرت بها شروخ نافذة أو شروخ يزيد اتساعها عن ٠,٥ مم أو كان بها ترخيم ملحوظ أو عدم انتظام جوانبها أو ميل فى درولىها أو تهتز عند الحركة عليها وإعادة صيا مع إدخال التعديلات الضرورية سواء فى الخرسانة أو صلب التسليح مع مراقبة جودة الخرسانة .

تحميل أسقف وسلام وبلكونات جميع العمارات التى تمت أسقفها مع مراقبة اتساع الشروخ وقياس الترخيم الناتج وعمل برنامج للتحميل مع المقاولين ومستشاريهم .

٤ - الأفضل الاكتفاء بدورين فوق الأرض فيما هو تحت الإنشاء بحوائط حاملة نظراً لما نواجهه الآن من أمر واقع .

كما أنه لا داعى لحدم شئ من العمارات التى تمت فى المجاورة ٩ إلا إذا فشلت تجارب التحميل .

٥ - قد يكون عمل هياكل مسلحة للعمارات السكنية التى لم يبدأ العمل فيها هو أسهل الحلول مع عمل اختبارات جودة للخرسانة وتشديد الرقابة على تنفيذ أعمال المسلح وخفض سمك الحوائط الخارجية إلى ٢٥ سم ونفسى سمك الدبش المستعمل خصوصاً وأن الجهاز قد وافق على مثل هذا الحل فى عمارات

المجاورة ٨، هذا لو تمكن المقاولون والجهاز من تعيين العمالة اللازمة التى تعرف أصول البناء بالدبش .

٦ - إصلاح التشيخ وحبوب الخرسانة المسلحة باستعمال المدفع الأسمتى عند الضرورة، أما حالة العمارات المسلحة فى المجاورة ٨ ومباني الخدمات فى المجاورة ٩ فسيقوم المكتب بإذن الله بكتابة تقرير عنها بمجرد إتمام معاينتها ودراساتها .

#### الخلاصة فى هذه التقارير :

١ - اتفق هؤلاء الأساتذة فى طريقة التفكير والتسلسل الجيد فى أسلوب المعالجة بحيث لم يترك كبيرة أو صغيرة فى المبنى إلا ما سرده عن طبيعة التربة والأساسات والمباني بالدبش أو الطوب وأعمال الخرسانة المسلحة وحتى التفاصيل البسيطة جداً فى المعالجة التى روعي سردها بهذه التقارير .

٢ - اختلف البعض فى وجهة النظر لم يبالغ أحد زميله رغم أنهم كلهم أساتذة وزملاء بكليات الهندسة ولكن فى رد الأستاذ الاستشارى من قبل المجموعات العمرانية الجديدة قد رد بوضوح على جميع البنود التى تساهل فيها استشارى الشركات وقد راعى ضميره ولم يخش شيئاً إلا الله .

٣ - يجب على القارئ هذه التقارير أن يتعلم كيف تكون الدقة فى إثبات الزمان والمكان والأخطاء والعلاج المقترح وأن دراسة هذه التقارير تحير أسلوب المعالجة .

### الفصل الخامس

#### الزلازل

أولاً : المعايير العالمية لشدة الزلازل وتقسيم مصر من حيث النشاط الزلزالي :

١ - يتم تعريف شدة الزلازل إما باستخدام مقياس شدة الزلازل macroseismic intensity والذي يعكس الضرر والإحساس الناتج من الزلازل أو المقياس العشري Decimal scale طبقاً لما هو مبين فى الجدول التالى :

## جدول يبين تأثير الزلازل طبقاً لقياس شدة الزلازل والقياس العشري

| مناطق الزلازل في<br>جمهورية مصر<br>العربية | شدة الزلازل                        |                   | وصف تأثير الزلازل   |
|--|------------------------------------|-------------------|---|
|  | مقياس شدة<br>الزلازل<br>mercanical | المقياس<br>العشري |   |
| منطقة ذات شدة<br>زلزالية ضعيفة             | I                                  | 1 - 2             | غير ملحوظ - يسجل فقط بواسطة المرصد  |
|  | II                                 | 2 - 3             | غير ملحوظ - ولا يشعر به إلا بعض الأشخاص<br>دقيقى الملاحظة   |
|  | III                                | 3 - 4             | ملحوظ بطريقة ضعيفة  |
|  | IV                                 | 4 - 5             | عموماً ملحوظ - حدوث ضوضاء من زجاج الشبابيك<br>والأوعية .  |
|  | V                                  | 5 - 6             | يمكن الإحساس به - يشعر الناس به في المباني واحتمال<br>ظهور شروخ في البياض   |
| منطقة ذات شدة<br>زلزالية متوسطة            | VI                                 | 6 - 7             | ملحوظ بطريقة مفزعة - حركة الأشياء الغير ثابتة مثل<br>الموبيليا حدوث بعض الشروخ في البياض سقوط بلاطات<br>الأسطح المائلة غير المصممة لمقاومة الزلازل سقوط<br>أجزاء من البياض في بعض مباني الطوب شروخ في<br>المدائن وظهور عيوب كثيرة في المباني غير المصممة<br>لمقاومة الزلازل مثل سقوط المدائن وشروخ بالحوائط |
|  | VII                                | 7 - 8             | حدوث عيوب في المنشآت<br>حدوث عيوب وشروخ محقول في المباني سقوط أجزاء<br>البياض   |
|  | VIII                               | 8 - 9             | انهيار المنشآت الغير مصممة ضد الزلازل   |

وأسية على أنه يجب أن يؤخذ تأثير كل مركبة أفقية على حدة .

(ب) يتم حساب قوة الزلازل الأفقية على المباني إما باستخدام طريقة الحمل الإستاتيكي المكافئ وذلك للبنى ثلاثاً التالى أو استخدام طريقة التحليل الديناميكي وذلك للمنشآت ذات الطابع الخاص للبنى ثلاثاً .

(ج) يتم حساب تأثير المركبة الرأسية للزلازل طبقاً للبنى وأبعاً ثلاثاً : التحليل بطريقة الحمل الإستاتيكي المكافئ :

(١) تستخدم طريقة الأحمال الإستاتيكية المكافئة لحساب المنشآت ذات الطراز الإنشائى المنتظم والذى لا يحدث به تغيرات فجائية في كتلته عناصره الإنشائية وأيضاً للمنشآت التى لم تذكر في البند رابعاً على أن تحقق البند جـ من ٣ من سادساً .

٢ - يمكن تقسيم جمهورية مصر العربية من حيث النشاط الزلزالي إلى منطقتين :

المنطقة الأولى : ذات شدة زلزالية ضعيفة كما هو مبين في الجدول السابق وتشمل جميع محافظات جمهورية مصر العربية عدا المحافظات التى تشملها المنطقة الثانية .

المنطقة الثانية : وهى ذات شدة زلزالية متوسطة طبقاً لما هو مبين في الجدول السابق وتشمل المحافظات المطلة على ساحل البحر الأحمر وجنوب سيناء ومحافظه الفيوم وأسوان .

ثانياً : القوى التصميمية لتأثير الزلازل :

أ) يتسبب عن الزلازل قوة يمكن تحليلها إلى ثلاثة مركبات . اثنان منهما أفقيتان تؤثران في اتجاه المحور الرئيسى للمنشأة والثالثة

## جدول (ب) يبين معامل أهمية المنشأ "I"

| نوع المنشأ   | I    |
|--|------|
| للمباني ذات الأهمية الخاصة أثناء الزلازل مثل المستشفيات- الطليقونات - الإذاعة- محطات الإطفاء - محطات الكهرباء- الصوامع- المسارح- المساجد- الكنائس- المعابد- المتاحف - مراكز الطوارئ... إلخ | ١,٥  |
| المباني العادية والتي يحدث من انهيارها أثناء الزلازل كزواجر متوسطة مثل المساكن- المكاتب- الفنادق- المطاعم- المحلات .   | ١,٠٠ |
| أكبر من ١,٥٠ يتم تقديرها طبقاً للمهندس وعلى المباني التي يحدث من انهيارها كزواجر عظيمة مثل الأفران- المقاعات- السجون .   | ١,٥٠ |

وتحدد قيمة المعامل C طبقاً للمعادلة التالية :

$$C = \frac{I}{15 \sqrt{T}} \leq 0.12 \quad \text{معادلة رقم (٧)}$$

وعلى أن تؤخذ قيمة  $C = 0.1$  للمنشآت ذات الطابق الواحد .  
حيث :

$T =$  زمن الذبذبة الأساسية بالثانية للمبنى (Period) ل اتجاه المحور الرئيسي . تحت الاعتبار وتقدر تبعاً للمعلومات المتاحة السابقة . وفي حالة عدم توافر أى معلومات يستعان بالمعادلتين التاليتين (٤,٣)

$$T = \frac{0.09H}{\sqrt{B}} \quad \text{معادلة رقم (٣)}$$

حيث :  
 $H =$  الارتفاع للمبنى بالتر ( مقاساً من منسوب الأرض الطبيعية ) .

$B =$  عرض المبنى في الاتجاه الموازى لقوة الزلازل المؤثرة ويمكن في حالة المنشآت التي تتكون من أعمدة وكمرات رباط على أن تؤخذ كما على :

$$T = 0.1n \quad \text{معادلة رقم (٤)}$$

حيث :  
 $n =$  عدد الأدوار فوق الأساسات للمنشآت التي تقاوم فيها الزلازل بواسطة إطارات- حيث إن الإطار الخرساني يقاوم ١٠٠٪ من القوى الأفقية .

٣٣م إنشاء والإيجار

(٢) تحسب قوى القص "V" الإستاتيكية الأفقية للمخاطر لأحمال الزلازل عند منسوب الأساسات في اتجاه أى من المحاور الرئيسية للمبنى طبقاً لما على وبشرط ألا تقل هذه القيمة المعطاة في البند ٣ من ثالثاً .

$$V = Z K C I W \quad \text{معادلة رقم (١)}$$

حيث

$Z =$  معامل عددي للمنطقة الزلزالية وتؤخذ قيمته 0.3 للمنطقة الثانية .

$K =$  معامل يعتمد على النظام الإنشائي للمبنى المقوم للأحمال الأفقية وعلى درجة معطوبة هذه الأجزاء كما هو مبين في الجدول التالي (أ) .

$I =$  معامل أهمية المنشأ وتؤخذ قيمته طبقاً للجدول التالي (ب) .

$W =$  إجمالي الحمل الرأسى المكافئ ويتم حسابه كما على :

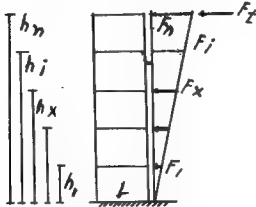
$=$  إجمالي الحمل الدائم في حالة أحمال حية حتى ٥٠٠ كجم / م<sup>٢</sup> أو

$=$  إجمالي الحمل الدائم مضاعفاً إليه نصف إجمالي الأحمال الحية في حالة أحمال حية قيمتها أكبر من ٥٠٠ كجم / م<sup>٢</sup> .

$C =$  معامل يأخذ في الاعتبار زمن الذبذبة الأساسية للمنشأ بالكامل .

## جدول (أ) يبين معامل معطوبة المنشأ "K"

| K    | نوع وتوزيع العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الأفقية   |
|------|---|
| ١    | جميع المباني ذات الإطارات ما عدا ما يذكر فيما بعد أى المباني الحاملة ذات الكمرات الرابطة والأعمدة والأسقف من الخرسانة المسلحة . |
| ١,٣٣ | المباني ذات الحوائط الحاملة بشرط تحقق الشكل الصندوقى وبشرط وجود تسليح بين وحدات البناء .  |
| ١,٥٠ | للمباني ذات الشكل الصندوقى وفي حالة عدم وجود تسليح بين وحدات البناء .   |
| ٣    | جميع الخزانات والمآخذ والمباني الأثرية .  |
| ٢    | جميع المباني الغير مذكورة سابقاً .  |



### توزيع القوى الأفقية المكافئة للزلازل

(ب) في حالة المباني ذات الدور الواحد أو الدورين يعتبر توزيع القوى  $V$  في الاتجاه الرأسى على المبني منتظماً وثابتاً وطبقاً للمعادلة (٩) التالية .

$$F_x = \frac{v(w_x h_x)}{\sum_{i=1}^n w_i h_i} \quad (٩) \text{ معادلة رقم}$$

(٥) للمباني التي يعمل لها ردود توزيع قوى قص الأفقية المكافئة لأحمال الزلازل طبقاً للبند (١٠) التالى .

(٦) توزيع قوى القص عند أى مستوى أفقى  $X$  بين العناصر الرأسية القادرة على تحمل قوى الزلازل عند هذا المستوى كما يلى :-

(أ) في حالة تطابق مركز الكتلة مع مركز الجساءة (١-أ) توزيع القوى الأفقية على العناصر الرأسية القادرة على تحمل القوى الأفقية عند أى مستوى والمحمولة طبقاً للبند (٤) السابق بنسبة جسامتها وبشرط وجود تراطيب بين هذه العناصر الرأسية باستخدام عناصر إنشائية أفقية عند هذا المستوى ( مثل البلاطات الخرسانية المسلحة ) ومع مراعاة ما جاء فى البند سادساً .

(٢-أ) يجب الأخذ فى الاعتبار لا مركبة دنيا افتراضية بقيمة تساوى  $\pm ٥\%$  من أكبر بعد للمنشأ عند المستوى الأفقى الذى يتم الحساب له طبقاً للبند (٧) التالى .

(ب) فى حالة عدم تطابق مركز الكتلة ومركز الجساءة يوزع القوى الأفقية على العناصر الرأسية القادرة على تحمل القوى الأفقية عند أى مستوى والمحمولة طبقاً للبند (٤) السابق كما فى بند (أ) مع الأخذ فى الاعتبار التأثير الموجب المؤثر على كل عنصر إنشائى والناتج من قوى القص وقوى التالى وطبقاً لما هو وارد فى البند (٧) التالى .

(٣) يجب أن لا تقل القوة الكلية الأفقية الإستاتيكية المكافئة لقوة الزلازل والمحمولة طبقاً للبند ٢ السابق عن  $٢\%$  من الأحمال الرأسية المكافئة لمنشآت المنطقة الثانية وعن  $١\%$  من الأحمال الرأسية المكافئة لمنشآت المنطقة الأولى .

(٤) التوزيع الرأسى لقوى القص الأفقية الكلية المكافئة لقوى الزلازل :  
**Distribution of horizontal seismic forces :**  
يحسب التوزيع الرأسى لقوى القص الأفقية الكلية المكافئة لقوى الزلازل والمحمولة طبقاً للبند (٧) والبند (٣) السابقين كما يلى :

(أ) توزع قوة القص الأفقية الكلية المكافئة لقوى الزلازل والمحمولة عند الأساس والمؤثرة فى اتجاه المحور الرئيسى تحت الاعتبار على ارتفاع المبني بحيث يكون جزء منها موزعاً توزيعاً منتظماً على شكل مثلث وجزء منها يؤثر أعلى المبني فى هيئة حمل مركزى كما فى الشكل التالى .  
ويكون التوزيع طبقاً للمعادلة التالية :

$$V = F_t + \sum_{i=1}^n F_i \quad (٥) \text{ معادلة رقم}$$

حيث :

$F_t$  قوة أفقية مركبة تؤثر عند أعلى منسوب للسطح العلوى وتحدد طبقاً للشرط التالى :

(١) عندما يكون زمن الذبذبة الأساسية  $T$  قيمة أكبر من  $٠,٧$  ثانية تؤخذ قيمة  $F_t$  كما يلى :

$$F_t = 0.07TV \leq 0.25V \quad (٦) \text{ معادلة رقم}$$

وبشرط ألا تزيد قيمتها عن  $0.25V$

(٢) عندما تكون زمن الذبذبة الأساسية  $T$  أقل أو يساوى  $٠,٧$  ثانية تؤخذ قيمة  $F_t$  مساوية للصفر .

$$F_t = 0 \quad (٧) \text{ معادلة رقم}$$

$F_i$  قوة أفقية مكافئة لأحمال الزلازل ومؤثرة عند منسوب الدور رقم  $i$  بما فيها السطح وتحسب قيمتها عند منسوب الدور على ارتفاع  $h_i$  من المعادلة التالية :

$$F_{ix} = \frac{(V-F_t) w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i} \quad (٨) \text{ معادلة رقم}$$

حيث :

$F_x$  = القوة الأفقية المكافئة للزلازل والمؤثرة على منسوب الدور رقم  $x$  على ارتفاع  $h_x$  من منسوب الأساسات .

$w_x$  = الحمل الرأسى المكافئ والمعروف  $i$  البند (٢) السابق المؤثرة عند الأدوار  $x, i$  على التوالى .

حيث :

 $F_x$  القوى الأفقية المؤثرة عند المستوى  $X$  $W_x$  الأحمال كما عرفت من البند (٧) من ثالثاً عند المستوى  $X$  $W_{px}$  وزن العنصر الإنشائي الأفقي عند المستوى  $X$ (ب) يجب ألا تزيد قيمة  $F_{px}$  عن  $0.1 W_{px}$  كما يجب أن لا تقل عن  $0.05 W_{px}$ 

(ج) عندما يتطلب التصميم أن العناصر الأفقية يجب أن تنقل قوى بين العناصر الرأسية فوقها إلى العناصر الرأسية أسفلها نتيجة لتغير في هذه العناصر فوق وتحت العناصر الأفقية فيجب إضافة هذه القوى إلى المحسوبة طبقاً للبند (١١) التالي .

(٩) عزم الانقلاب  $M_{rot}$ 

أ) بحسب عزم الانقلاب عند الأساسات طبقاً للمعادلة التالية :

$$M_{rot} = J(F_1 h_1 + \sum_{i=1}^n F_i h_i) \quad (١٤)$$

حيث  $J$  معامل تخفيض عزم الانقلاب  $M_{rot}$  الناتج من القوى الأفقية للزلازل وبحسب كما يلي :

$$J = \frac{0.16}{3 T^2} \geq 1.0 \quad \leq 0.45$$

(ب) وبحسب عزم الانقلاب  $M_{rot}$  عند أى مستوى طبقاً للمعادلة

$$m_{xrot} = J_x \left[ F_1 (h_1 - h_x) + \sum_{i=x}^n F_i (h_i - h_x) \right] \quad (١٥)$$

حيث :

$$J_x = J + (1-J) \left( \frac{h_x}{h_n} \right)^3$$

(ج) يوزع التغير في عزوم الانقلاب عند مستوى  $x$  على العناصر المقاومة بنفس نسب التوزيع للقوى وفي حالة وجود عناصر أخرى فإنه يتم إعادة توزيع هذه العزوم .

(د) يجب ألا يقل معامل الأمان عن ١.٥ .

(١٠) - الأحمال الأفقية الناتجة عن الزلازل والمؤثرة على أجزاء أو قطاعات من المبنى أو الحوائط :

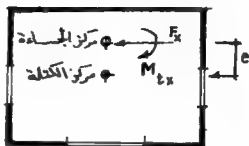
أ) يجب تصميم أى جزء من المبنى لتحمل أحمال الزلازل  $F_p$  على أن تؤثر في مركز الثقل في أى اتجاه وبحسب قيمة  $F_p$  من المعادلة التالية :

$$F_p = Z I C_p W_p \quad (١٦)$$

حيث  $W_p$  هو وزن الجزء من المبنى تحت الاعتبار .  
وتمطى قيمة  $C_p$  كما هو مبين بالجدول التالي :

(٧) عزم اللى الأفقى الإستاتيكي المكافئ Horizontal

Equivalent static torsional moment



شكل يبين تأثير عدم تطابق مركزي الكتلة والجساءة

أ) في حالة عدم التطابق بين الكتلة ومركز الجساءة ( مركز المقاومة للعناصر الإنشائية القادرة على تحمل القوى الأفقية ) يجب أخذ التأثير الموجب لقوى القص الناتجة عن عزوم اللى في الاعتبار بحسب عزم اللى عند أى مستوى طبقاً للمعادلة التالية :

$$M_{tx} = \left[ v \cdot \sum_{i=1}^n F_i \right] e_x \quad (١٠)$$

حيث :

$e_x$  هي اللامركزية الإستاتيكية المكافئة وتؤخذ كما يلي :-

$$e_x = 1.5e + .05B \quad (١١)$$

$$\text{or } e_x = 0.5e - .05B \quad (١٢)$$

وتؤخذ قيمة  $e_x$  التي تسبب أكبر إجهادات .

(ب) يتم توزيع تأثير عزم اللى بين العناصر الرأسية على أساس أن حركة السقف تتبع حركة الأجسام المجاورة مع التأكد من أن السقف ذو درجة جساءة مناسبة طبقاً لاشتراطات البند (٨) التالي وبالتالي توزع القوى الأفقية الناتجة من قوى القص وعزوم اللى عند أى مستوى طبقاً لجساءة العناصر الرأسية وبمعدا عن مركز الجساءة .

(ج) يحمل التأثير السالب نتيجة عزوم اللى على قوى القص الناتجة من القوى الأفقية على العناصر الإنشائية .

(د) يؤخذ تأثير القوى الأفقية الناتجة عن عزوم اللى ضعف قيمتها المحسوبة طبقاً للبند (ب) في حالة ما إذا زادت قيمة اللامركزية (e) عن ربع البعد الأكبر للمبنى .

(٨) العناصر الرابطة الرأسية الإنشائية المقاومة للزلازل :

أ) يجب أن تصمم العناصر الرابطة للعناصر الرأسية لتقاوم قوة طبقاً للمعادلة التالية :-

$$F_{px} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n W_i} W_{px} \geq 1 W_{px} \quad (١٢)$$

$\leq 0.5 W_{px}$

جدول يبين قيم المعامل  $C_p$  في المعادلة (١٦)

| قيمة $C_p$ | جزء المبنى   | اتجاه القوى الأفقية |
|------------|--|---------------------|
| ٠,٣        | الحوامل الحاملة أو غير الحاملة الخارجية الحوامل الحاملة الداعية والقواطع | عمودي على الحائط    |
| ٠,٨        | الكوابل والدراوى   | عمودي على الكابول   |
| ٠,٨        | أجزاء تثبيت الأسقف السابقة الصنع - أو أى ماكينات أو أجزاء داخل المبنى .  | في أى اتجاه         |

(٢) التحليل المددى Numerical analysis  
(٣) يجب ألا تقل بأى حالة القوى التصميمية هذه الطريقة عما هو محسوب طبقاً للبند ثالثاً .

## خاصة : الأحمال الرأسية الناتجة عن الزلازل

## vertical load due to earthquake

(أ) يجب أخذ تأثير الحركة الزلزالية الرأسية في الاعتبار عند تصميم العناصر الرأسية والكوابل وبروزات المباني .  
(ب) يجب اعتبار هذه القوى بحيث تغطي الحالات الحرجة بجميعها جمعاً جبرياً مع القوى المختلفة من تأثير قوى الزلازل الأفقية أو القوى الأخرى .  
(ج) وتؤخذ هذه القوى طبقاً للبند ١٠ من ثالثاً .

سادساً : اشتراطات الشكل المعماري العام للمبنى في المناطق الزلزالية :

(أ) بجانب الاشتراطات في البند ثانياً من هذا الكود بالإضافة إلى اشتراطات كود تصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية وكود تصميم وتنفيذ المنشآت المعدنية وأيضاً كود ميكانيكا التربة فإنه يجب تحقيق الاشتراطات والاعتبارات الإنشائية والمتطلبات المعمارية .

(ب) يمكن التفاوض عن بعض اشتراطات الاعتبارات الإنشائية والمتطلبات المعمارية ولكن بشرط أن يتم الحساب بطريقة دقيقة وباستخدام معلومات مرصودة كما في البند (١) أو (٢) من ثالثاً .

## ٤ - اعتبارات إنشائية :

يمكن تقسيم مباني الطوب الحاملة إلى :  
مباني النوع الأول : مباني حاملة ذات كمثرات رباط وسقف من الخرسانة المسلحة أو عناصر إنشائية أفقية قادرة على مقاومة القوى الأفقية .

مباني النوع الثاني : مباني مثل النوع الأول بالإضافة إلى وجود أعمدة من الخرسانة المسلحة عند تقاطع الحوائط .

## ٣ - عام :

(أ) مقاومة المبنى للقوى الأفقية يجب أن تؤمن بعمل حوائط طولية وعرضية .

(ب) يراعى ألا تزيد المسافة بين محاور الحوائط العرضية عما هو بالجدول التالي بشرط ألا يقل سمك الحائط عن ٥ إنش .  
جدول يبين المسافة القصوى بين محاور الحوائط العرضية

| السمك الزلزالي                          | ضعيفة | متوسط |
|---|-------|-------|
| المسافة بين محاور الحوائط العرضية بالتر | ٧     | ٨     |

(ب) يتم نقل  $F_p$  إلى السقف أو أى عنصر حامل ثم تنقل بدوره إلى الحوائط طبقاً لنسبة جساءة الحوائط لبعضها .  
(ج) يجب أن تصمم الحوائط بالإضافة إلى الأحمال الرأسية على أحمال عمودية على مستواها نتيجة أحمال الرياح وأحمال الزلازل طبقاً للبند ثالثاً .

## ١١ - الردود Setback

(أ) في حالة المباني التي بها ردود والتي تكون مساحة المسقط الأفقى للجزء الردود لا تقل عن ٧٥٪ من مساحة المسقط الأفقى للمنشأ فإنه يمكن في هذه الحالة إهمال تأثير الردود وتحسب أحمال الزلازل كما في البند ثالثاً بالطريقة الإستاتيكية المكافئة .

(ب) في الحالات الأخرى يمكن الحساب إما بالطريقة الديناميكية أو استخدام الطريقة الإستاتيكية على أساس معاملة الجزء العلوى بمفرده مع حساب الجزء السفلى بمفرده واعتبار قوى القص للجزء العلوى مؤثرة على أعلى نقطة في الجزء السفلى .

## رابعاً : التحليل بالطريقة الديناميكية : Dynamic analysis

(١) يتم حساب الطريقة الديناميكية في الحالات التالية :  
أ - إذا كان المنشأ غير متماثل الشكل .  
ب - إذا كانت الردود في المنشأ تخالف ما جاء في البند (١١) من ثالثاً .

ج - إذا كان هناك عدم انتظام في الكتلة أو عناصر الأجزاء الإنشائية المقاومة للأحمال الأفقية .

د - للمباني ذات الطبيعة الخاصة .

هـ - للمباني ذات الأهمية الخاصة .

(٢-أ) - التحليل يكون باستخدام :

(١) التحليل الطيفي Spectral model analysis

وعل اعتبار أن ارتفاع الدور ٣ متر .  
(د) يجب العناية بتصميم حوائط البندوم والأساسات حيث إن هذه العناصر أكثر تعرضاً للزلازل عن غيرها من أجزاء المنشأ .

سابعاً : تفاصيل إنشائية :

بالإضافة إلى شروط البنود وخاصة البند (١) من ثالثاً فإنه يجب تحقيق الاشتراطات التالية :-

١ - الفتحات في الحوائط

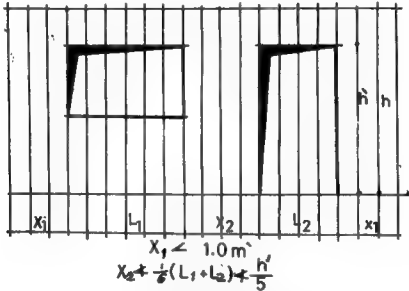
(أ) يجب أن توزع الفتحات بانتظام على أنحاء المبنى وإلا وجب الحساب بالطريقة الديناميكية .

(ب) يجب ألا تزيد المسافة بين بداية الفتحة ونهاية الحائط عن ١ متر كما في الشكل التالي .

(ج) يراعى ألا تزيد عدد الأدوار بما فيها البندوم عن المذكور في الجدول التالي في حالة عدم الحساب طبقاً للبند (١) أو البند (٢) من ثالثاً .

جدول يبين العدد الأقصى للأدوار في حالة عدم الحساب طبقاً للبند (٢) من ثالثاً

| المنطقة | مبنى النوع الأول | مبنى النوع الثاني |
|---------|------------------|-------------------|
|         | عدد الطوابق      | عدد الطوابق       |
| ١       | ٤                | ٥                 |
| ٢       | ٣                | ٤                 |



### وحد الزلزال في تدبير حوائط الفتحات

وذلك بشرط تدعيم هذه الفتحات بإضافة عناصر خرسانية أفقية ورأسية .  
(س) يجب ألا يزيد عرض الفتحة عما هو مذكور في الجدول التالي .

العرض الأقصى للفتحات في الحوائط

| منطقة الزلازل | عرض الفتحة (م) |
|---------------|----------------|
| ١             | ٣              |
| ٢             | ٢,٥            |

ويمكن التغاضي عن هذا في حالة عمل عمود من الخرسانة المسلحة عند الركن وبأبعاد لا تقل عن ٢٥ × ٢٥ سم وتسلح طول ١٣٤ ١٣ و كانت ٥ م/٦ على أن يتم ربط هذه الأعمدة في الأساسات والسقف .

(ج) تعمل أعتاب للفتحات بعرض يساوى عرض الحائط على أن يكون ركوب الأعتاب ٣٠ سم من كل جانب بالنسبة للمنطقة ذات الشدة الضعيفة ويكون الركوب ٤٠ سم بالنسبة للمنطقة ذات الشدة المتوسطة .

(د) يمكن السماح بعمل فتحات أكبر مما هو مسموح به وذلك بشرط تدعيم هذه الفتحات بالنسبة للمنطقة ذات الشدة المتوسطة .

(و) يمكن السماح بعمل فتحات أكبر مما هو مسموح به .

ص) تحسب إجهادات القص على التقاطع الأصغر للحائط ويسمح أحياناً إذا زادت إجهادات القص عما هو مسموح به .

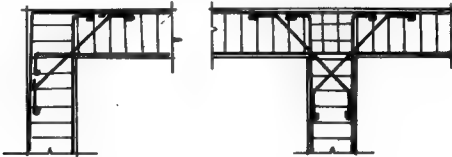
#### ٢ - كمرات الرباط :

أ) توضع كمرات رباط لجميع الحوائط الطولية والعرضية عند منسوب السقف ويجب أن تربط بالحوائط مكونة نظاماً متكاملًا وتعمل الكمرات الرابطة لتحقيق الآتي :-

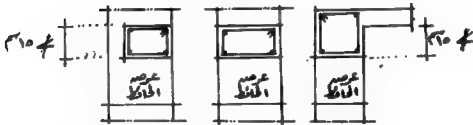
١) تحسين الترابط بين الحوائط .

٢) تقوية الحائط في مستواه ( يؤدي إلى حدوث شروخ

مائلة ) .



تأمين تسليح أعلى نهاية كمرات الرباط في المسقط العرضي

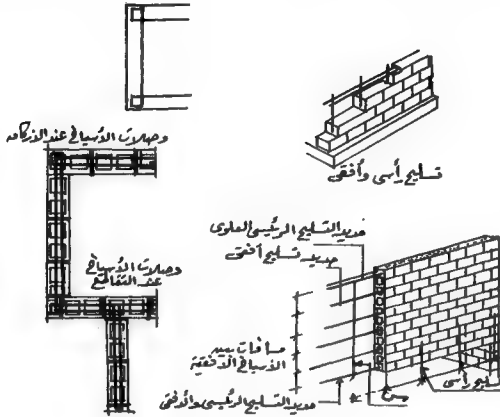


كمرات الرباط، الخرسانة المسلحة والمعينة فوقها، بنواصير

ج) لا يقل عرض كمرات الرباط عن ٢٥ سم ولا يقل ارتفاعها عن ٢٥ سم .

د) لا يقل التسليح الطولي عن ٤  $\phi$  ١٣ مم أو ١٥٪ من مساحة مقطعها أما الكائنات فلا تقل عن ٥  $\phi$  ٦ مم .





### كرات الرباط المثبتة داخل دعامات بناء ومفرقة ومعدن لذلك

#### تفاصيل لتسليح كرات الرباط

هـ) في حالة الأسقف والأسطح المائلة أو التي تشكل من الوحدات البنائية على شكل عقد يجب عمل كمرات رباط عند مستوى السقف أو السطح وبحيث تكون قادرة على مقاومة إجهادات الشد الناتجة عن هذه الأسقف .

و) في حالة المنطقة ذات الشدة المتوسطة . يجب ربط كمرات الرباط بالحوائط باستخدام أسياخ كل ٥٠ سم وبطول من ٢٥ إلى ٣٠ سم .

ز) يسمح بعمل فتحات في كمرات الرباط مع ضرورة عمل اللازم لتقوية هذه الفتحات ولا يسمح بعمل هذه الفتحات في حالة استخدام أسقف مائلة .

٣ - استخدام أعمدة مسلحة :

أ) في حالات المناطق ذات شدة الزلازل متوسطة أو في

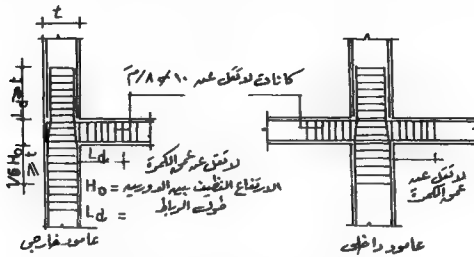
الحالات التي يتطلب فيها زيادة ارتفاع المشأ عما هو معطى في الفقرة (ج) من (٣) من سادساً أو في الحالات التي يتطلب فيها زيادة مقاومة المبنى فإنه يمكن استخدام الأعمدة المسلحة عند تقاطع الحوائط مع بعضها .

ب) توضع أعمدة مسلحة عند نقط تقاطع الحوائط الخارجية والداخلية وعند الأركان للحوائط الخارجية وبحيث لا تزيد المسافة بين هذه الأعمدة عن ٥ متر .

ج) يجب أن تصب الأعمدة بعد بناء الحوائط .

د) يجب ألا تقل أبعاد الأعمدة عن ٢٥ × ٢٥ ولا تقل تسليحها الطولي عن ٤ ϕ ١٣ مع وضع كانات ٥ ϕ ٦/٦ على أن تكون المسافة بين الكانات ٢٠ سم بالنسبة للمناطق ذات الشدة الزلزالية الضعيفة أما في المناطق ذات الشدة المتوسطة فتوضع الكانات كما هو مبين في الشكل التالي .

Reinforced concrete columns



### تفاصيل تسليح الأعمدة وكرات الرباط والكانات عند التقاطع

٦ - نوع الربط بين وحدات البناء :

أ) يتم البناء بطرق الرباط المذكورة حسب المواصفات السابق المتوسطة .

ب) يجب أن تربط الحوائط الحاملة عند تقاطعها بتحديد تسليح  $\phi 2$  كل ٦ سم على ارتفاع الحوائط وبموجب تمتد على الجانبين بمقدار ٥٠ سم وذلك للمباني التي تتغذى في المناطق ذات الشدة المتوسطة وأيضاً الحجرات الكبيرة .

ج) يجب أن يدخن الحديد الذي يربط بين الحوائط بمادة مانعة للصدأ (إيبوكسية) أو يستخدم حديد مجلفن وذلك في الأماكن الصناعية ذات الرطوبة العالية أو المباني التي تبني قريباً من البحر .

د) في المناطق ذات الشدة المتوسطة يتم ربط الحوائط الغير حاملة مع الحوائط الحاملة أو الأعمدة بـ  $\phi 2$  كل ٦ سم ٥٠ سم على ارتفاع التقاطع وبموجب يكون امتداد الحديد من الناحيتين لا يقل عن ٣٠ سم .

هـ) يجب ربط الحوائط الغير حاملة في الأسقف والأسطح خاصة إذا كان طولها يزيد عن ٥ متر .

### ٧ - السلام :

أ) يجب عدم اختيار مكان بر السلم في الفتحة الأولى من البناء خاصة في منطقة الزلازل ذات الشدة المتوسطة .

ب) يجب أن يصمم السلم وبهره على تحمل القوى الأفقية الناتجة من الزلازل .

ج) في المنطقة ( ٢ ) يجب عمل السلم من الخرسانة المسلحة ويكون عرض الكمرات الحاملة له مساوية لعرض الحائط .

د) السلام المتكررة على الحوائط (البالدجات) غير مسموح بها في المنطقة ( ٢ ) .

### ٨ - البلكونات والدرابز : Balconies and parapets

أ) يجب ألا يزيد بروز البلكونات عن ١ متر .

س) تربط الحوائط بالأعمدة بوضع الأساور كل ٥ سم تمتد داخل العمود والحائط وخاصة في المناطق ذات الشدة الزلزالية المتوسطة .

٤ - وحدات البناء :

أ) يجب أن تكون وحدات البناء من الطوب الخفيف المصمت .

ب) غير مناسب استخدام وحدات بناء ذات فتحات كبيرة في منطقة الزلازل ذات الشدة المتوسطة .

ج) يمكن استخدام بلوكات مفرغة بشرط تسليحها في الاتجاه الأفقي والرأسي كما في البند ثامناً .

د) يجب ألا تقل مقاومة الضغط لوحدة البناء المستخدمة عن ٧ كجم/سم<sup>٢</sup> مع ضرورة ألا تقل مونة البناء عن ١٥٠ كجم/سم<sup>٣</sup> للحالات الموضحة في البنود عاشرًا ، والحادى عشر .

### ٩ - مونة البناء : masonry mortar

أ) يجب أن تفي مونة البناء بالاشتراطات العامة لمونة المباني .

ب) يجب أن تتكون مونة بلصق الوحدات من أسمنت ورمل بنسبة أسمنت لا تقل عن ٣٠٠ كجم/م<sup>٣</sup> رمل في الحوائط سمك ٢٥ سم وزيادة ، ٣٥٠ كجم أسمنت/م<sup>٣</sup> رمل إلى الحوائط سمك ١٢ سم أو أقل .

ج) يجب أن تملأ الفراغات بالمونة جيداً ويجب أن يتم تكحيلها في حالة عدم يياض الحوائط .

د) يجب عدم زيادة سمك المونة عن حد معين وهو واحد سم حتى لا يؤدي ذلك إلى ضعف الاتصال بين وحدات البناء - وعموماً لا يزيد عن ١,٥ سم .

هـ) يجب ألا تقل مقاومة القص للمونة عن ٣ كجم/سم<sup>٢</sup> ( ٠,١ إجهاد الضغط ) .

## ١٢ - القواطع : Partitions

(أ) يجب أن تربط القواطع والحوائط الحاملة كما في البند (٦) السابق .

(ب) يجب ألا يزيد طول الحائط المستخدم كقاطع عن ٣ متر وألا يقل سمكه عن ١٢ سم وألا يزيد ارتفاعه عن ٣ متر .  
(ج) في حالة زيادة طول القاطع عن ٣ متر يجب تدعيمه بكرمات حديد أو عروق خشب أو أعمدة حرسانية .

(د) يمكن استخدام القواطع كحوائط لزيادة جساءة المبنى ضد القوى الأفقية وبشرط أن يتم ربطها في الأساسات وفي كمرات الرباط .

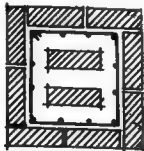
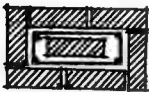
## ١٣ - الأعمدة من الطوب : masonry columns

(أ) تصمم الأعمدة من الطوب بحيث يمكن لها مقاومة قوى القص والعزوم الناشئة عن الزلازل في حدود الإجهادات المسموح بها طبقاً للبند ثانياً .  
(ب) في حالة المصانع أو الأماكن الفسيحة يجب ربط أجزاء الحوائط الخارجية عند التقاطع بند (٦) السابق كما يجب ربط أجزاء المبنى ككل بكرمة رباط بند (٧) السابق .

(ج) يجب ألا تقل مقاومة الضغط لوحدة البناء عن ١٢٠ كجم/سم<sup>٢</sup> أما المونة فلا تقل عن ٣٥٠ كجم/م<sup>٣</sup> رمل وأن يتم ملء الفراش جيداً .

(د) يجب عدم استخدام الأعمدة من الطوب إلا لدور واحد .

(هـ) ينصح باستخدام الأعمدة من الطوب ومسلحة طولياً وعرضياً في المناطق ذات الشدة المتوسطة وفي هذه الحالة يجب ألا يقل التسليح الطولي عن ٠,٥٪ ولا يزيد عن ٤٪ مساحة القطاع كما لا يقل عدد أسياخ التسليح الطولي عن ٤ أسياخ .



تفاصيل قطاع عمود من الطوب

(ب) يجب ألا يزيد ارتفاع الدروة عن ٧٠ سم إذا لم يكن معدداً بجزء أو كمرات رباط من الخرسانة المسلحة .

(ج) في حالة زيادة الارتفاع يجب ربط الدروة بالسقف أسفلها .

(د) يجب أن يكون للبلوك امتداد في السقف ويمكن عمل بروز بطول لا يزيد عن ٧٥ سم ويجب ربطه جيداً في كمرات الرباط .

## ٩ - الأسطح النهائية : Roofs

(أ) يستحسن عملها من مواد خفيفة .

(ب) في حالة الأسقف المائلة أو التي على شكل قباب يجب أن تنقل القوى الأفقية الناتجة من وزن السقف والأحمال التي فوقه إلى كمرات الرباط .

(ج) في المناطق ذات الشدة الزلزالية المتوسطة . يتم حساب الإجهادات على الرباط بين الأسقف وكمرات الرباط طبقاً لما جاء في البند (١٠) التالي .

## ١٠ - الأسقف : Floors

(أ) يجب أن تربط الأسقف بالحوائط عن طريق كمرات رباط جاء في (٧) من سابقاً .

(ب) الأسقف الحرسانية من الطوب المفرغ مسموح ببنائها في المنطقة ذات الشدة المتوسطة وبشرط الآتي :-

(١) سمك بلاطة السقف لا يقل عن ٥ سم فوق الطوب .  
(٢) يجب أن تكون هناك كمرات رباط وتربط مع السقف باستخدام حديد التسليح .

(ج) في حالة عمل الأسقف من كمرات حديد أو جملونات حديد أو خشب فإنه يجب ربطها جيداً مع كمرات الرباط ويتم تحقيق هذا الرباط طبقاً للبند (٧) .

## ١١ - تهيئة المباني وتعديل الشكل المعماري :

(أ) يراعى أن تفي المباني التي يراد تعديلها وخاصة في المنطقة ذات الشدة بشروط هذه المواصفة .

(ب) جميع الحوائط الحاملة يجب أن تكون ذات كمرات رباط يتحقق فيها ما جاء بالبند (٢) من سابقاً .

(ج) يجب ألا يزيد ارتفاع المبنى عما هو معطى في الفقرة (٣ من سابقاً) .

(د) يجب ألا يزيد الوزن الحجمي للجزء المستند عن الوزن الحجمي للجزء القديم .

(س) عندما يحد تعديل الغرض من الدور الأرضي في المباني الموجودة ( كاستخدام الدور الأرضي كمحلات ) فإنه يجب عمل الترتيبات اللازمة لزيادة أمان هذه المنشآت ضد قوى الزلازل .

## ١٤ - الإصلاح والترميم بعد حدوث الزلازل :

أ) إذا كانت العيوب الناتجة من إحدى المباني بعد حدوث الزلازل بسيطة فإنه يمكن إجراء عملية الإصلاح والترميم لجعل المبنى كما كان سابقاً .

ب) إذا كانت العيوب تشمل الأجزاء الحاملة والأجزاء الهامة فإنه يجب عمل الدراسات الكافية لترميم هذا البناء .

ج) يجب قبل ترميم البناء التأكد من جساءة الأساسات وأيضاً طبيعة التربة المحيطة .

د) في الحوائط التي يكون فيها عيوب بسيطة فإنه يمكن إصلاحها بإضافة وحدات بناء مكان المعيبة ولصقها بمونة الأسمنت والرمل .

هـ) في حالة حدوث عيوب في الأسقف فإنه يتم تكسيها وعمل أسقف جديدة من الخشب أو الخرسانة المسلحة أو الحديد مع ضرورة ربطها جيداً في كمرات الرباط .

ط) في حالة السلاسل يجب تعويضها بسلاسل حديد أو سلاسل من الخرسانة المسلحة .

ص) في حالة الكوابيل يجب التأكد من حالتها الإنشائية .

ع) يراعى إضافة أربعة خرسانية مسلحة أفقية ورأسية وعند الأركان للحوائط وكذلك حول الفتحات للوصول إلى الأركان حسب كود البناء .

## ١٥ - الحوائط المستخدمة كستائر خارجية :

## curtain walls

حائط غير حامل على هيئة مشربة تشيد بأشكال هندسية متعددة من مادة الألمنيوم - الجبس - مونة الحجر الصناعي - الزجاج وقد تكون من الطوب .

أ) يجب أن تربط هذه الحوائط والأرضيات والأسقف تبعاً للبند (٦) السابق .

ب) يجب حساب قوة هذه الروابط طبقاً للبند (١٠) السابق .

ج) تؤخذ أحمال الرياح طبقاً لكود البناء للأحمال كما يجب أخذ تأثير الزلازل طبقاً لـ ثانياً وثالثاً .

## التكسية : Veneer

التكسية هو تجميل لأسطح الحوائط لا يكون الغرض منه إضافة أى تقوية للحوائط ولكن يبنى أخذ الاعتبارات الإنشائية التالية بالإضافة لما سبق ذكره في هذا الكود :

أ) التكسيات التي تثبت باستخدام جوايط في الحوائط يجب التأكد من تحقيق الشروط الخاصة بالتثبيت وخاصة ما ذكر منها في البند (٨) من ثالثاً .

ب) في المنطقة ذات الشدة المتوسطة يجب تثبيت جوايط لربط التكسية بالحوائط بدءاً من العرموس الألقى للتكسية .

ج) يجب أن تكون هذه الجوايط من حديد غير قابل للصدأ .

د) توضع جوايط لكل مساحة حوالى ٢٠٠٠ سم<sup>٢</sup> .

هـ) في حالة التكسيات التي تثبت فقط بمواد تماسك أو مواد لاصقة فيجب ألا تقل مقاومة القص أو الشد بين التكسية والمادة اللاصقة عن ٤ كجم/سم<sup>٢</sup> .

ثامناً : استخدام وحدات البناء المقرغة : Block masonry

أ) في حالة مناطق الزلازل ذات الشدة المتوسطة أو أكثر يفضل استخدام وحدات البناء المقرغة مع ضرورة تسليحها أفقياً ورأسياً مع الحقن .

ب) ما ذكر في البند ثانياً وسادساً يجب أن يتحقق بالنسبة لهذه المباني .

ج) يجب ألا يزيد ارتفاع المبنى عن دورين في حالة البناء بهذه الوحدات بدون تسليح وخاصة في منطقة الشدة المتوسطة .

د) جميع الحوائط يجب أن تسليح في الاتجاه الرأسى والأفقى ومجموع مساحة الحديد وخاصة الأفقى والرأسى لا يقل عن ١٠٠٠٠/٢ من المساحة الفعلية لقطاع الحائط .

هـ) وأقل نسبة للتسليح في كل اتجاه يجب ألا يقل عن ١٠٠٠٠/٧ من القطاع الفعلى للحائط .

و) المسافة بين الأسياخ لا تزيد عن ١,٢ م والقطر لا يقل عن ١٠ مم ولا يزيد عن ٢٥ مم .

ز) مقاومة قوى القص يفضل وضع حديد تسليح في المونة وأكبر مسافة بين الأسياخ تساوى ١,٢ م .

ح) يجب أن يتم ربط حديد التسليح الرأسى أو الأفقى بطول رباط كافى لا يقل عن ٣٠ سم .

ط) يجب ألا يقل البعد الأصغر للفراغ عن ٦ سم وألا تقل مساحة الفراغ عن ٥٢ سم<sup>٢</sup> ( حالة البلوكات التي سوف تملأ بالحقن الخرساني ) .

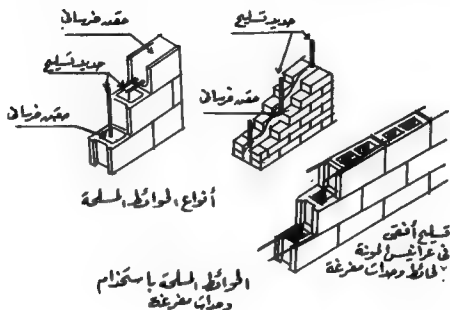
ي) نسبة ارتفاع الحائط لسمكه يجب ألا يزيد عن ٢٥ .

ك) يجب ألا يقل غطاء الحقن الخرساني بين حديد التسليح ووحدات البناء المقرغة عن ١٥ مم .

ل) يجب ألا يزيد قطر حديد التسليح عن نصف البعد الأصغر للفراغ بين السيخ ووحد البناء .

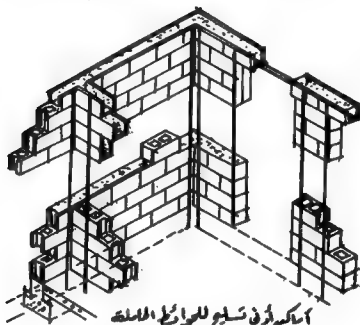
م) الحوائط الحاملة يجب ربط الحديد الأفقى بمنحس حول الحديد الرأسى .

ن) في المناطق ذات الشدة المتوسطة أو عندما يتطلب التصميم ذلك يجب تسليح حوائط الوحدات المقرغة على الأقل في الأماكن الدنيا للموضحة بالشكل التالى .



أنواع الحوائط المسلحة

الحوائط المسلحة باستخدام وحدات مفرغة

أساسك أدنى تسليح للحوائط الحاملة  
المادة باستخدام الوحدات والمفرغة

هـ) ترجع إلى الباب الثاني من هذا الجزء اشتراطات البناء بالديش .

عاشراً : المدائن والمنازل من الطوب :  
 أم تحسب القوى الأفقية المكافئة للزلازل والمؤثرة على المدائن والمنازل طبقاً للبند ثالثاً ويؤخذ في الاعتبار ما يلي :-  
 (١) يراعى في تخطيط المدخنة ما يلي :-  
 \* ألا تزيد أى فتحة في المدخنة عن نصف قطرها الداخلي .  
 \* ينفذ إطار من الخرسانة المسلحة حول الفتحات في المناطق ذات الشدة المتوسطة .

\* في حالة تنفيذ الفتحات على شكل عقود يجب ألا يتعدى عرض الفتحة ١ متر على ألا تزيد زاوية القعد عن ٣٠° .

تاسعاً : البناء بوححدات البناء الطليحة : مبالى الفيش :  
 stone masonry

المقصود البناء بوححدات البناء الطليحة : ويجب أن يراعى هنا جميع الشروط المذكورة سابقاً في البنود ثالثاً وسادساً مع مراعاة ما يلي :-  
 أ) يجب ألا تزيد المسافة بين الحوائط الحاملة عن ٤ متر .  
 ب) يجب أن تستخدم أنواع الحجارة من الحاجر المسوح بها .

ج) يجب أن تكون الحجارة خالية من الشقوق بقدر الإمكان

د) يجب ملء الفراغيس بالمونة أثناء تنفيذ الحائط .

وفي حالة وجود مبنى بشكل غير منتظم فيجب تقسيم المبنى بعمل فواصل الزلازل حسب الفقرة .

(ب) يجب أن توزع عناصر المنشأ بحيث ينشأ عن ذلك توزيع منتظم لأوزان هذه العناصر وأيضاً توزيع منتظم للجساسة ويراعى أن تكون العناصر ذات الأوزان الكبيرة في الأدوار السفلى .

(ج) يفضل أن ينطبق مركز ثقل الكتل مع ثقل الجسائات ويجب أن يراعى أن يقع مركز ثقل الكتل في الأدوار المختلفة على نفس المحور الرأسى .

(د) يجب عدم تغيير اتجاه الحوائط أو عدم استمرارها من دور إلى آخر .

(هـ) يجب تفادى استخدام أكثر من نظام إنشائى في البناء .  
(و) يجب تفادى أو تقليل استخدام العناصر اللازمة للديكور أو الدرابزين أو البلكنات أو ما شابه ذلك من الأجزاء التى تكون عرضة للسقوط أثناء الزلازل .

(ز) يراعى الانتقال المباشر للأحمال وخاصة أحمال الزلازل إلى الأساسات .

(ح) يراعى في اختيار أبعاد الفتحات البند (١) من سابها .  
(ط) في حالة استخدام طوب وجهاً يجب ألا يقل سمك هذا الطوب عن سمك الطوب الداخلى على أن يتم ربط طوب الوجهات مع الطوب الداخلى .

(ي) يجب أن تتخذ الإجراءات الكفيلة بعزل قطع أوتوماتيكى للتركيبات المختلفة مثل تركيبات الغاز وجميع التركيبات الحرارية والمراجل وخاصة في مناطق الزلازل ذات الشدة المتوسطة .

#### الفواصل : Seismic separations

(أ) يجب عمل فواصل بين أجزاء المنشأ في المناطق ذات الشدة المتوسطة وفي الحالات التالية :

- ✱ عندما يكون شكل المنشأ في المسقط الأفقى غير منتظم .
- ✱ عندما تختلف ارتفاعات أجزاء المبنى بمقدار يزيد من ٦ متر .

- ✱ عندما تكون طبقة التأسيس متباينة .
- ✱ عندما يكون المبنى ذو عناصر مختلفة في جساماتها .
- (ب) عرض فاصل الزلازل يعمل بعرض ٣ سم حتى ارتفاع ٥ متر ويزاد العرض بمقدار ٢ سم لكل ٥ متر .
- (ج) يعمل الفاصل بتنفيذ حائلتين متجاورين .

(د) يمكن أن تكون المسافة بين (الأجزاء المقصولة من المبنى بفواصل زلازل مملوءة بمواد تسمح بالحركة وعدم نقل القوى الأفقية بين هذه الأجزاء .

(هـ) للمسافة بين فواصل الزلازل .

(٢) يجب حماية حديد التسليح المستخدم في الحوائط ضد الصدأ وتغوات درجة الحرارة .

(٣) يجب تنفيذ كمره رباط من الخرسانة المسلحة في أعلى المدخنة مع ربطها جيداً بجسم المدخنة .

(ج) يجب ألا تقل مقاومة المونة ومقاومة وحدات البناء ١٢ كجم/ سم<sup>٣</sup> والمونة عن ١٥٠ كجم/ سم<sup>٣</sup> .

(هـ) يجب أن تسلم الحوائط بمحدد تسليح رأسى على أن تحقق الجدول التالى :

#### جدول يبين تسليح حوائط المدخنة

| منطقة الزلازل  | ذات شدة ضعيفة        | ذات شدة متوسطة |
|--|----------------------|----------------|
| امتداد الحديد الرأسى من ٠.٤ من ارتفاع للمدخنة حتى الفتحة | بكمال ارتفاع للمدخنة |                |

(و) في حالة استخدام بلوكات مفرغة يجب أن يستخدم تسليح رأسى لا يقل عن  $\phi 10$  كل ٥٠-٧٠ سم مع ضرورة اعتبار الشروط السابقة .

حادى عشر : الحوائط التى تحمل عزانات ذات سمكة بسيطة :

(أ) يجب أن يوضع تسليح مع استخدام وحدات مفرغة مثلاً بالمونة .

(ب) في الفتحات يجب وضع كمره رباط فوق الفتحة .

(ج) لجميع الفتحات الأخرى يجب وضع حديد تسليح لا يقل عن  $\phi 8$  ٣ ويتمد داخل الحائط بمقدار لا يقل عن ٥٠ سم .

(د) يجب أن يكون حديد التسليح طبقاً للجدول التالى :

#### جدول يبين حديد تسليح للعزانات البسيطة

| منطقة الزلازل          | ذات شدة ضعيفة                              | ذات شدة متوسطة                             |
|------------------------|--|--|
| حديد رأسى<br>حديد أفقى | $\phi 10$ كل ٥٠-٧٠ سم<br>$\phi 8$ كل ٢٥ سم | $\phi 10$ كل ٥٠-٧٠ سم<br>$\phi 8$ كل ٢٠ سم |

- يجب ألا تقل مقاومة الطوب في الضغط عن القيمة ١٢ كجم/ سم<sup>٣</sup> .

- يجب ألا تقل مقاومة المونة والتي يجب أن تكون من الأمنت والرمل عن ١٥٠ كجم/ سم<sup>٣</sup> .

ثاني عشر : متطلبات معمارية :

(أ) يختار شكل المبنى في المسقط الأفقى بحيث يكون متجانساً ويجب أن يتفادى في التشكيل والأشكال الزلوية .

الجدول التالي يبين المسافة بين فواصل الزلازل تبعاً لنوع البناء والتقسيم الزلزالي لمصر :

| نوع البناء   | المسافة بين فواصل الزلازل |                      |
|--|---------------------------|----------------------|
|  | ساكنات ذات حدة حرجية      | ساكنات ذات حدة حرجية |
| ساكن مع استخدام أربعة من الخرسانة المسلحة              | ٥٠                        | ٤٠                   |
| ساكن مع استخدام أربعة أقبية وراسية من الخرسانة المسلحة | ٦٠                        | ٥٠                   |

## الفصل السادس

### الأحمال

أولاً : العناصر غير التقليدية يتم السماح بها عند توافر بيانات واختبارات كافية :

(١) يتم اعتبار تأثير الحرارة على المباني من ناحية العزل الحراري والاعتبارات المعمارية الأخرى طبقاً لما هو وارد في الفصل الأول من هذا الباب على أنه بالنسبة للتحليل الإنشائي فليس من الضروري في المباني العادية اعتبار تأثير الحرارة والانكماش فيما عدا نوعيات المباني التي تكون فيها الإجهادات الناتجة عن الحرارة ذات تأثير ملموس مع مراعاة ترتيب فواصل التمدد والانكماش في المباني لتقليل من تأثير الحرارة والانكماش كما يجب مراعاة اختيار فواصل الحركة ( فواصل الميوط ) لتقليل أى إجهادات أو تشكلات غير مرغوب فيها ويمكن أن تنشأ عن منع هذه الحركة . كما يراعى اختيار فواصل للزلازل طبقاً لما شرح سابقاً .

(٢) ليس من الضروري أخذ تأثيرات الانفعالات طويلة الأجل creep على توزيع القوى الداخلية في المباني العادية إلا في الحالات التي تكون فيها هذه الانفعالات ذات تأثير .  
(٣) لا يتم تحديد خواص المواد المستخدمة طبقاً لما هو وارد في المواصفات القياسية المصرية ( م ق م ) .

(٤) يتم تحديد الجساعات والإجهادات والانفعالات في عناصر المباني من حوائط حاملة أو قواطع وكذلك في العقود والقباب وباعتبار أن المباني مكونة من عناصر متجانسة ذات خصائص ميكانيكية اعتبارية متساوية في كل الاتجاهات Homogeneous isotropic على أنه في حالات خاصة يلزم تصميم المباني مع الأخذ في الاعتبار عدم التجانس واختلاف الخواص الميكانيكية مع اختلاف الاتجاه Heterogeneous anisotropic في جميع الأحوال يجب استخدام أساس واحد لتقدير الجساعات والإجهادات لجميع أجزاء المنشأ .

(٥) يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند تحليل وتصميم الحوائط والأعمدة لمرتكبة للاحتلال لا تقل عن 0.05t أو ٣ سم أيهما أكبر حيث (t) هو سمك الحائط أو العمود .

(٦) يجب ألا تتجاوز الانحرافات الرأسية مقدار ١٥/١ من سمك الحائط وبحد أقصى مقداره ٥ م لكل متر ارتفاع على أن لا يزيد التجاوز الإجمالي عن ٦ سم لكل ارتفاع المبني .  
(٧) يتم نقل الأحمال والقوى الرأسية والأفقية المؤثرة على المبني إلى العناصر المقاومة لتلك الأحمال ومنها إلى الأساسات بما في ذلك تشكيل شبكات رأسية وشبكات أفقية كما يجب أن يكون هناك رابط بين عناصر المبني المختلفة تضمن توزيع الأحمال الأفقية الناتجة عن الرياح والزلازل بين الحوائط الحاملة طبقاً لحسابة كل حائط على أنه يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند توزيع الأحمال الأفقية بين الحوائط الحاملة تأثير عزم اللي torsional moment الناتج عن عدم تطابق خطي عمل محصلة القوى الخارجية للمقاومة لتأثير الرياح والزلازل وقوى المقاومة من الحوائط مع مراعاة عدم تخفيض قوى المقاومة المؤثرة على الحوائط نتيجة لتأثيرات عزم اللي .

(٨) في كل الأحوال يجب التأكد من تثبيت الأسقف والأساسات مع الحوائط والأعمدة بما يضمن مقاومة المنشأ للانهيار والانقلاب بمعامل أمان كاف .  
(٩) يجب تشكيل وتصميم المباني بطريقة تضمن عدم حدوث الانهيارات التالية .

(١٠) يمكن استخدام إحدى الطريقتين التاليتين في تصميم المباني :  
(أ) طريقة المرونة (إجهادات التشغيل) .  
(ب) طريقة حالات الحدود .

ثانياً : الأحمال التصميمية على المباني :

(١) فيما لم يرد عنه نص في هذا الكود تؤخذ قيم الأحمال الدائمة والحية (الإضافية) الإستاتيكية والديناميكية والأفعال غير المباشرة على المباني طبقاً لما هو وارد في الكود المصري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة .

(٢) يتم تحليل وتصميم المباني تحت تأثير الأحمال التالية :  
(أ) الأحمال الدائمة (D) dead load  
(ب) الأحمال الحية الإستاتيكية والديناميكية

(L) static and; dynamic live loads

(ج) أحمال الرياح (W) wind loads  
(د) أحمال الزلازل (S) Earthquake loads  
وفي الحالات التي تستلزم ذلك يجب أخذ الأحمال غير المباشرة التالية عند تصميم وتحليل المباني .  
(أ) الحرارة .

(ب) الانكماش .

(ج) الزحف .

(د) فروق المبوط .

يكون الحمل الأقصى :

$$U = 0.8 (1.4D + 1.6L + 1.6W) \quad \text{معادلة (١٢)}$$

(هـ) في حالة وجود أحمال ناشئة عن زلازل (S) يؤخذ الحمل الأقصى :

$$U = 0.8 (1.4D + 1.6L + 1.6S) \quad \text{معادلة (١٣)}$$

ويفترض عدم حدوث الزلازل- الرياح معاً متزامنين .

(و) في حالة ما إذا كانت الأحمال الدائمة تزيد من ثبات المنشأ أو تقلل من إجهاداته الداخلية تستبدل الأحمال القصوى في البنود السابقة بما يلي :

$$U = 0.9D + 1.6L \quad \text{معادلة (١٤)}$$

$$U = 0.9D + 1.6E \quad \text{معادلة (١٥)}$$

$$U = 0.9D + 1.3W \quad \text{معادلة (١٦)}$$

$$U = 0.9D + 1.3S \quad \text{معادلة (١٧)}$$

(ر) عند حساب تأثير تغيرات درجة الحرارة وفروق المبوط والزحف والانكماش (T) يؤخذ الحمل الأقصى كما يلي :

$$U = 0.8 (1.4D + 1.6L + 1.4T) \quad \text{معادلة (١٨)}$$

وبشرط ألا يقل عن :

$$U = 1.4 (D + T) \quad \text{معادلة (١٩)}$$

(ح) يمكن أن تعامل الأحمال الديناميكية على أساس حمل إستاتيكي إضافي مكافئ (K) ويؤخذ الحمل الأقصى كما يلي :

$$U = 1.4D + 1.6L + 1.6K \quad \text{معادلة (٢٠)}$$

مع مراعاة ما جاء في المعادلة (١٤) .

(٥) يجب تصميم الحوائط الداخلية والخارجية سواء كانت حوائط حاملة أو قواطع وكذلك القواطع المؤثرة لكي تتحمل الأحمال الأفقية المرصدة لها وعلى ألا تقل قيمة هذه الأحمال عن ٢٥ كجم/م<sup>٢</sup>.

(٦) تصميم الحوائط المستخدمة كأسوار والتي لا يزيد ارتفاعها عن ٣ لمقاومة الرياح المؤثرة عليها بالإضافة إلى أى قوى أفقية أخرى ناشئة عن ضغط الأتربة وخلافه وعلى أن لا تقل قوى الضغط المؤثرة عمودياً على الحائط عن ٥٠ كجم/م<sup>٢</sup>.

(٧) يلزم تثبيت الحوائط والقواطع في الأسقف والإطارات أو العناصر التي تستطيع أن تقاوم القوى الأفقية المؤثرة على تلك الحوائط بواسطة وصلات تثبيت وبشرط أن لا تقل قيمة القوى الممكن نقلها من الحوائط والقواطع إلى وصلات التثبيت عن ٨٠ كجم/م<sup>٢</sup> كما يجب أن تكون الحوائط قادرة على مقاومة الانحناء الناشئ عن تعرضها للقوى الأفقية المؤثرة عليها .

(٨) تؤخذ أوزان الحوائط والقواطع غير تلك المذكورة في المواصفات المصرية لتصميم وتنفيذ للمنشآت الخرسانية المسلحة طبقاً للجدول التالي وتم تحديد القيم المعطاة في الجدول مع اعتبار وجود طبقتي يياض كل بمسك ٢ سم وعلى وجهي الحائط

٣ - عند التصميم بطريقة المرونة تعتبر قيم الأفعال والأحمال الحسائية مساوية لقيم أحمال التشغيل كالاتي :

$$1- D + L \quad \text{معادلة (١)}$$

$$2- D + T \quad \text{معادلة (٢)}$$

$$3- D + L + W \quad \text{معادلة (٣)}$$

$$\text{or } D + L + 1.1S \quad \text{معادلة (٤)}$$

بشرط أن لا تقل عن  $D + L$

$$4- D + L + T + \text{settlement} + W \quad \text{معادلة (٥)}$$

$$\text{or } D + L + T + \text{settlement} + 1.1S \quad \text{معادلة (٦)}$$

بشرط أن لا تقل عن  $D + T$

وفي كل الأحوال يضاف تأثير المبوط إلى تأثيرات الأحمال الحية .

على أنه في حالة ما إذا كانت الأحمال الدائمة تزيد من ثبات المنشأ فيجب مراعاة تخفيض قيمة الأحمال الدائمة كما يلي :

$$1 \quad 0.9D + L \quad \text{معادلة (٧)}$$

$$2 \quad 0.9D + W \text{ or } 0.9D + S \quad \text{معادلة (٨)}$$

وفي كل هذه الحالات يجب مراعاة ما جاء بخصوص زيادة الإجهادات المسموح بها في حالة تواجد أحمال رياح أو زلازل أو أفعال أخرى مذكورة .

(٤) عند التصميم بطريقة حالات الحدود تؤخذ احتمالات التحميل التالية :

(أ) في العناصر المعرضة لأحمال حية والتي يمكن فيها إهمال تأثير أحمال الرياح والزلازل يؤخذ الحمل الأقصى :

$$U = 1.4D + 1.6L \quad \text{معادلة (٩)}$$

(ب) في حالة ما إذا كان الحمل الحى لا يزيد عن ٣/٤ قيمة الأحمال الدائمة يمكن أخذ قيمة الأحمال القصوى :

$$U = 1.5 (D + L) \quad \text{معادلة (١٠)}$$

(ج) في العناصر المعرضة لأحمال حية بالإضافة إلى الأحمال الناشئة عن الضغوط الجانبية نتيجة للسوائل أو الأتربة يكون الحمل الأقصى :

$$U = 1.4D + 1.6 (E + L) \quad \text{معادلة (١١)}$$

حيث :  $E = \text{lateral loads}$

وبشرط ألا تقل قيمة عن القيمة المعطاة بالمعادلة (٩) أما في حالة الضغوط الجانبية للسوائل المحصورة داخل عناصر محددة الأبعاد مثل الخزانات فيستبدل القيمة 1.6E في المعادلات (١١) ، (١٥) بالقيمة 1.4E .

(د) في حالة وجود أحمال ناشئة عن ضغط الرياح (W)



وسمك مونة ١ سم على أنه يجب حساب مقدار الزيادة في الأوزان في حالة زيادة السمك عن ما هو مذكور سابقاً .

جدول رقم (١) بين أوزان الحوائط والقواطع باستخدام وحدات مختلفة من الطوب

| نوع الطوبة           | أبعاد الطوبة | سمك الحائط | الوزن الحجمي للطوبة    | وزن اللونة في لفر المسطح | وزن الياس في لفر المسطح | وزن الطوبة في لفر المسطح | الوزن الكلي للمسطح |
|----------------------|--------------|------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------|
|                      | سم × سم × سم | سم         | جرام / سم <sup>٣</sup> | كجم                      | كجم                     | كجم                      | كجم                |
| رمل مصمت قليل        | ٦×١٢×٢٥      | ١٢         | ١,٨٠٢                  | ٤٥                       | ٩٠                      | ١٨٠                      | ٣١٥                |
| رمل مصمت قليل        | ٢٥×١٢×٢٥     | ٢٥         | ١,٨٠٢                  | ٥٥                       | ٩٠                      | ٤٠٦                      | ٥٢٥                |
| رمل خفيف             | ١٠×٢٠×٥٠     | ١٠         | ٠,٨٣٤                  | ١١                       | ٩٠                      | ٧٩                       | ١٨٥                |
| رمل خفيف             | ١٢×٢٠×٦٠     | ١٢         | ٠,٦٥٤                  | ١٢                       | ٩٠                      | ٧٥                       | ١٨٠                |
| رمل خفيف             | ٢٠×٢٥×٥٠     | ٢٠         | ٠,٨٩٧                  | ١٨                       | ٩٠                      | ١٧٧                      | ٢٨٠                |
| رمل خفيف             | ٢٥×٢٥×٥٠     | ٢٥         | ٠,٨٩٧                  | ٢٢                       | ٩٠                      | ٢١٥                      | ٣٣٠                |
| ليكا مفرغ            | ١٢×٢٠×٥٠     | ١٢         | ٠,٦٤٤                  | ٣٦                       | ٩٠                      | ١١٩                      | ٢٤٥                |
| نسبة الفراغات ٢٠,٤ % | ١٢×٢٠×٥٠     | ٢٠         | ٠,٦٤٤                  | ٣٦                       | ٩٠                      | ١١٩                      | ٢٤٥                |
| ليكا مفرغة           | ٢٠×٢٠×٥٠     | ٢٠         | ٠,٧١١٤                 | ١٨                       | ٩٠                      | ١٣٧                      | ٢٤٥                |
| نسبة الفراغات ٣١,٩ % | ٢٠×٢٠×٥٠     | ٢٥         | ٠,٧١١٤                 | ٢٨                       | ٩٠                      | ١٦٩                      | ٢٩٠                |
| ليكا مصمت            | ٦×١٢×٢٥      | ١٢         | ١,١١                   | ٤٥                       | ٩٠                      | ١١١                      | ٢٥٠                |
|                      | ٦×١٢×٢٥      | ٢٥         | ١,١١                   | ١١٣                      | ٩٠                      | ٢٢٢                      | ٤٢٥                |

توايت : الوزن الحجمي للمونة = ٢,٢٥ جم / سم<sup>٣</sup> ، سمك اللونة = ١ سم ، سمك الياس = ٣ سم من كل جانب .

الوزن الحجمي للياس = ٢,٢٥ جم / سم<sup>٣</sup>

✳ هذا الجدول للاشارة فقط حدد حزمة للشروع وعلى المهندس التحقق من الأوزان الفعلية للوحدات المستخدمة .

تابع الجدول السابق

| نوع الطوبة             | أبعاد الطوبة | سمك الحائط | الوزن الحجمي للطوبة    | وزن اللونة في لفر المسطح | وزن الياس في لفر المسطح | وزن الطوبة في لفر المسطح | الوزن الكلي للمسطح       |
|------------------------|--------------|------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                        | سم × سم × سم | سم         | جرام / سم <sup>٣</sup> | كجم                      | كجم                     | كجم                      | كجم                      |
| طوب ملق (مقلب)         | ٦×١٢×٢٥      | ١٢ سم      | ١,٢٥٥                  | ٤٥                       | ٩٠                      | ١٦٦                      | ٢٦٥                      |
| ( مصر بريك )           |              | ٢٥ سم      | ١,٢٥٥                  | ١١٣                      | ٩٠                      | ٢٥١                      | ٤٥٥                      |
| طوب امتنتي             | ١٠×١٢×٢٥     | ١٠ سم      | ١,٧                    | ٢٢                       | ٩٠                      | ١٥٤                      | ٢٧٠                      |
| ( مصمت )               |              | ١٢ سم      | ١,٧                    | ٣٢                       | ٩٠                      | ١٨٠                      | ٣٠٥                      |
| ( مصر لأعمال الأمتنت ) |              | ٢٥ سم      | ١,٧                    | ٨٦                       | ٩٠                      | ٣٦٠                      | ٥٤٠                      |
| السلح                  |              |            |                        |                          |                         |                          |                          |
| بلوكات جبسية           | ١٠×٥٠×٦٦     | ١٠ سم      | ٠,٩٥٠                  | ٥                        | ٩٠                      | ٩٤                       | ١٩٠/١٠٠                  |
| بلوكات جبسية           | ٨×٥٠×٦٤      | ٨ سم       | ٠,٩٥٠                  | ٤                        | ٩٠                      | ٧٥                       | ١٧٠/٨٠                   |
| قواطع من الألوثيريوم   |              |            |                        |                          |                         |                          | ٨٠-٣٠ كجم/م <sup>٢</sup> |

توايت : الوزن الحجمي للمونة = ٢,٢٥ جم / سم<sup>٣</sup> ، سمك الياس = ٢ سم من كل جانب .

الوزن الحجمي للياس = ٢,٢٥ جم / سم<sup>٣</sup>

✳ وزن لفر المسطح من البلوكات الجبسية بدون ياس / وزن لفر المسطح من البلوكات الجبسية بياس .

## ثالثاً : أحوال الرياح :

## المجال :

- (١) يختص هذا الجزء بتحديد الأحوال الإحصائية المكافئة للرياح والتي يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم المباني والمنشآت كوحدة متكاملة أو عناصرها وأجزائها منفردة .
- (٢) يجب تصميم المباني والمنشآت بحيث تقاوم أحوال الرياح الإحصائية المكافئة والمؤثرة عليها .
- (٣) عند تصميم أى مبنى يتم حساب تأثير الرياح على العناصر الآتية :

(أ) الهيكل الإنشائي كوحدة متكاملة بما فيه القواعد الأساسات .

(ب) الأعضاء الإنشائية مثل الأسقف والحواسط وخلافه .

(ج) التكميمات والشبابيك وخلافه .

(٤) عند حساب تأثير الرياح على الحواطط والقواطع وجميع أجزاء المبنى المعرضة لضغط أو سحب الرياح على وجهها فإن حمل الرياح التصميمي على هذه الأجزاء يكون المجموع الجبري للضغط أو السحب على الوجه الأول والضغط أو السحب على الوجه الثاني .

(٥) عند حساب أحوال الرياح على المنشآت والمباني العادية يتم حساب أحوال الرياح طبقاً للأسلوب الوارد بالبنود خامساً بالنسبة للمباني والمنشآت ذات الطابع الخاص .

(أ) المباني والمنشآت التي يزيد ارتفاعها عن ٨٠ متر .

(ب) المباني والمنشآت التي يزيد ارتفاعها عن أربعة أضعاف أقل بعد عرضي لها .

(ج) المباني والمنشآت ذات الأشكال الغير مألوقة .

(د) المباني والمنشآت المزمع إقامتها في مناطق غير عادية مثل سطح وقمم الجبال .

(هـ) المنشآت الخفيفة ذات القابلية للاهتزاز تحت تأثير الرياح .

فإنه يوصى باتباع الآتي :-

- (١) الحصول على قيم أقصى متوسط ساعى سنوى لسرعة الرياح من أقرب محطة أرصاد جوية لموقع المبنى وذلك لكافة سنوات الرصد المتاحة مع تحديد ارتفاع مكان قياس سرعة الرياح من سطح الأرض وطبيعة الموقع المحيط بمحطة الرصد .
- (٢) يتم حساب ضغط الرياح الأساسي باستخدام المعلومات المتوفرة في الفقرة السابقة وتحليلها باستخدام الأسلوب الإحصائي للقيم القصوى للحصول على سرعة الرياح التصميمية وضغط الرياح الأساسي .

(٣) الاسترشاد بنتائج الاختبارات المعملية التي سبق عملها على منشآت مماثلة أو التي يتم عملها على نموذج للمبنى نفسه

في اختيار رياح تحت ظروف تماثل بقدر الإمكان الظروف الطبيعية لتحديد معاملات توزيع ضغط الرياح على الأسطح الخارجية والداخلية للمبنى على أنه في جميع الأحوال يجب ألا يقل تأثير الرياح على هذه المباني عن ذلك الناتج من استخدام أحوال الرياح التصميمية المنصوص عليها في هذا الكود .

(٤) استخدام الأسلوب الديناميكي في التحليل الإنشائي لتحديد تأثير الرياح على القوى والعزوم الداخلية والتغير في الشكل .

## رابعاً : الرموز :

- (١) ضغط الرياح الأساسي كجم/ م<sup>٢</sup> . q
  - (٢) السرعة التصميمية بالتر/ ث . v
  - (٣) الضغط أو السحب الناتج عن تأثير الرياح . P
  - معامل التأثير الديناميكي للرياح . G
  - معامل التعرض . K
  - معامل توزيع ضغط أو سحب الرياح . C
  - القوى الكلية للرياح على المبنى . F
  - مساحة السطح من المنشأ المواجهة للرياح . A
  - الارتفاع عن سطح الأرض . Z
  - ارتفاع المبنى . h
  - أبعاد المبنى في المسقط الأفقي . d, b
  - يرمز للتأثير الخارجي . e
  - يرمز للتأثير الموضعي . I
  - يرمز للتأثير الداخلي . i
  - يرمز للتأثير الكلي . F
  - زاوية ميل اتجاه الرياح مع سطح المبنى في المسقط الأفقي . φ
  - زاوية ميل السقف أو السطح على الأفقي . α
- خاصة : الحمل الاستاتيكي المكافئ لتأثير الرياح :

## ١ - الضغط أو السحب الخارجي :

يتم حساب الضغط أو السحب الخارجي الناتج عن تأثير الرياح على أسطح المبنى كوحدة واحدة أو أجزاء منه من المعادلة التالية :

$$P_e = C_e K. G. q \quad (٢١)$$

حيث  $P_e$  = ضغط الرياح التصميمي الخارجي المؤثر إستاتيكيًا على وحدة المساحة للأسطح الخارجية للمبنى .  
يكون اتجاه  $P_e$  متعامداً على السطح وتؤثر على اتجاه السطح إذا كانت  $P_e$  ضغط وللخارج بعيداً عن السطح إذا كانت  $P_e$  سحب .

$q$  = ضغط الرياح الأساسي ويعتمد على الموقع الجغرافي للمبنى وتؤخذ قيمه طبقاً لما هو وارد في الجدول التالي .

معادلة رقم (٢٣)  $P_1 = C_1 \cdot K \cdot G \cdot q$

حيث  $K, G, q$  هي نفس المعاملات الواردة في المعادلة رقم (٢١).

$C_1$  = معامل توزيع ضغط الرياح الموضعي على أجزاء الأسطح الخارجية للمبنى المعرضة لتركيز ضغط الرياح وتعتمد قيمته ومكان تأثيره على الشكل الهندسي للمبنى طبقاً لما هو وارد في البند (٦ من ثامنا).

(٤) في بعض المباني والمنشآت التي لا تتطلب حساب توزيع ضغط الرياح على أسطحها وبالذات تلك التي تكون نسبة ارتفاعها أو طولها إلى باقي أبعادها عالية جداً فإنه يجب حساب القوة الكلية للرياح على المنشأ ككل بدلاً من حساب توزيعه على وحدة المساحة لهذا النوع من المنشآت فإنه يمكن حساب القوة الكلية للرياح من المعادلة:

معادلة رقم (٢٤)  $F = C_f \cdot K \cdot G \cdot q \cdot A$

حيث  $F$  = هي القوة الكلية للرياح على المبنى.

$G \cdot K$  = معامل التعرض ومعامل التأثير الديناميكي حسب تعريفهم بالمعادلة رقم (٢١).

$q$  = ضغط الرياح الأساسي.

$C_f$  = معامل قوة الرياح الكلية.

$A$  = مساحة المنشأ المواجه للرياح.

سادساً : ضغط الرياح الأساسي  $q$

(١) يتم تحديد ضغط الرياح الأساسي في هذا الكود على أساس قيم المتوسط الساعي لسرعة الرياح التصميمية عند ارتفاع ١٠ متر في الأماكن التي يتوفر فيها سحب كامل للأرصاد الجوية.

(٢) تؤخذ قيم  $q$  من الجداول التالى وذلك تبعاً لموقع المبنى بالنسبة للمدن والمواقع الغير واردة بالجدول تؤخذ قيم  $q$  المحددة لأقرب مكان من موقع المبنى.

جدول (رقم ٢) بين قيم ضغط الرياح الأساسي

| الموقع                                | ضغط الرياح الأساسي<br>$q (Kg/M^2)$ |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| مرسى مطروح                            | ٤٢                                 |
| الإسكندرية/ السلوم/ أبو صوير/         |                                    |
| الغردقة/ سيناء/ شاطئ البحر الأحمر     | ٣٧                                 |
| القاهرة/ أسوط/ بليس                   | ٣٢                                 |
| سيوة/ الداخلة                         | ٢٨                                 |
| الفيوم/ المنيا/ الأقصر/ أسوان/ مديرية |                                    |
| التحرير/ طنطا/ المنصورة/ دمهور        | ٢٥                                 |

$G$  = معامل التأثير الديناميكي للرياح (معامل التأخير العاصف) وتؤخذ قيمته تساوى ٢ ما لم يكن المبنى ذات طبيعة خاصة حسب ما هو وارد في البند سابهاً فيتم حساب  $G$  باستخدام أساليب التحليل الديناميكي.

$K$  = معامل تعرض يتغير مع الارتفاع عن سطح الأرض وتؤخذ قيمته طبقاً لما هو وارد في البند سابهاً، للمعامل يحدد التوزيع الرأسى لأحمال الرياح ويحسب عند المكان المكافئ الذى يتم حساب ضغط الرياح عليه.

$C_e$  = معامل توزيع ضغط أو سحب الرياح الخارجى على أسطح المبنى ويعتمد على الشكل الهندسي للمبنى وتؤخذ قيمته طبقاً لما هو وارد في البند ثامنا.

٢ - الضغط أو السحب الداخلى:

يتم حساب الضغط أو السحب الداخلى للرياح على الأسطح الداخلية للمبنى من المعادلة التالية:

معادلة (٢٢)  $P_1 = C_1 \cdot K \cdot G \cdot q$

حيث  $P_1$  = ضغط الرياح الداخلى المؤثر على وحدة المساحة على الأسطح الداخلية للمبنى وفي اتجاه متعامد على السطح ويؤثر للخارج في اتجاه السطح إذا كانت  $P_1$  ضغط وللداخلى إذا كانت  $P_1$  سحب.

$K$  = معامل التعرض وقيمته ثابتة بكامل ارتفاع المبنى وتحسب قيمته على أساس ارتفاع من سطح الأرض يساوى منتصف ارتفاع المبنى.

$C_1$  = معامل توزيع ضغط الرياح الداخلى على الأسطح الداخلية للمبنى ويعتمد على أماكن تواجد الفتحات بواجهات المبنى.

$G$  = معامل التأثير الديناميكي للرياح وتحدد قيمته بناء على مساحة الفتحات بالواجهة كما على:

(١)  $G = 1$  إذا كانت مساحة الفتحات لا تزيد عن ٢٠٪ من مساحة الواجهات.

(٢)  $G = 2$  إذا كانت مساحة الفتحات تزيد عن ٢٠٪ من مساحة الواجهات.

$q$  = ضغط الرياح الأساسي ويعتمد على الموقع الجغرافى للمبنى وتؤخذ قيمه طبقاً لما هو وارد في البند سادساً والجدول التالى من الكود وهي نفس قيم  $q$  المستخدمة في المعادلة رقم (٢١).

(٣) في المباني والمنشآت التي تتعرض لتركيز غير عادى لضغط الرياح في أماكن محددة من الأسطح الخارجية للمبنى فسوف تعرف هذه الضغوط بالضغوط الموضعية وتحدد أماكن تأثيرها حسب ما هو وارد في الفقرة ٥ من سابهاً، ويتم حساب ضغط الرياح الموضعي من المعادلة الآتية :-

### سابعاً : معامل التعرض : $K$

$G = 2$  إذا كانت نسبة الفتحات تزيد عن ٢٠٪ من

مساحة الواجهات .

(٤) عند حساب ضغط الرياح الموضعي ( معادلة رقم ٢٣ )  
تؤخذ قيمة  $G = z$  .

### تاسعاً : معاملات توزيع ضغط الرياح $C$

(١) معامل توزيع ضغط الرياح الخارجي  $C_e$  هو المعامل الذي يحدد توزيع ضغط أو سحب الرياح على الأسطح الخارجية للمبنى، وهو معامل يدخل في حساب ضغط الرياح على وحدة المساحة طبقاً للمعادلة رقم (٢١) .

(٢) يلزم تحديد معامل توزيع الرياح الخارجي عند حساب تأثير الرياح على الهيكل الإنشائي للمبنى كوحدة واحدة أو أجزائه وكذلك عند حساب تأثير الرياح على الشبائيك والواجهات وغلافه .

(٣) قيم معامل توزيع ضغط الرياح تعتمد على الشكل الهندسي للمبنى وأبعاده .

(٤) في هذا الكود سيفترض أن توزيع قيم  $C_e$  حول المقطع الأفقي ثابت بكامل ارتفاع المبنى .

(٥) معامل توزيع ضغط الرياح الداخلي  $C_i$  هو المعامل الذي يحدد توزيع ضغط أو سحب الرياح على الأسطح الداخلية للمبنى وهو معامل يلزم تحديده لحساب تأثير الرياح على وحدات الحوائط الداخلية والخارجية والتكسيات والشبائيك ولكن لا يدخل في حساب تأثير الرياح على المبنى كوحدة متكاملة .

(٦) معامل توزيع ضغط الرياح الموضعي  $C_p$  يلزم تحديده عند حساب ضغط الرياح على أجزاء الأسطح الخارجية للمبنى والمرصعة لتركيز غير عادي لضغط الرياح ولا يلزم تحديده عند حساب تأثير الرياح على المبنى ككل أو على هيكل المبنى .

(٧) للمبانى المستطيلة التي يقل ارتفاعها عن ضعف عمقها تؤخذ قيم  $C_p$  و  $C_e$  من شكل رقم (١-ب) أو شكل (١-أ) تؤخذ قيم  $C_p$  من جدول رقم (٤) أو شكل (١-أ) أو شكل (١-ب) التاليين .

(١) معامل التعرض هو المعامل الذي يحدد التغير في ضغط الرياح مع الارتفاع وهو معامل يتزايد تدريجياً مع زيادة الارتفاع عن سطح الأرض .

(٢) يتم حساب معامل التعرض  $K$  من الجدول التالي .  
(٣) عند حساب ضغط الرياح الخارجي يكون الارتفاع الذي يتم حساب المعامل على أساسه هو ارتفاع المكان المراد حساب ضغط الرياح الخارجي عنده من سطح الأرض .

(٤) عند حساب ضغط الرياح الداخلي عند أى مكان داخل المبنى يكون الارتفاع  $Z$  الذي يتم حساب المعامل  $K$  على أساسه هو نصف ارتفاع المبنى .

(٥) عند حساب ضغط الرياح الموضعي يكون الارتفاع  $Z$  الذي يتم حساب المعامل  $K$  على أساسه هو ارتفاع المكان المراد حساب ضغط الرياح عنده من سطح الأرض .

(٦) قيمة  $K$  يجب ألا تقل عن ١ ولا تزيد عن ٢,٣٠ .

### جدول يبين قيمة المعامل ( $K$ )

| معامل التعرض $K$ | الارتفاع بالمتر |
|------------------|-----------------|
| ١,٠٠             | ٠ - ١٠          |
| ١,١٠             | ١٠ - ٢٠         |
| ١,٣٠             | ٢٠ - ٣٠         |
| ١,٥٠             | ٣٠ - ٤٠         |
| ١,٧٠             | ٤٠ - ٥٠         |
| ٢,٠٠             | ٥٠ - ٨٠         |
| ٢,٣٠             | ٨٠ - ١٢٠        |
| ٢,٣٠             | ١٢٠ - ١٦٠       |
| ٢,٣٠             | أكثر من ١٦٠     |

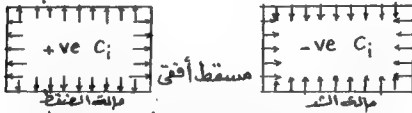
### سابعاً : المعامل التأثير الديناميكي $G$

(١) معامل التأثير الديناميكي هو معامل يأخذ في الاعتبار التأثير الديناميكي للرياح الناتج من الطبيعة العشوائية لتغير ضغط الرياح مع الوقت والخواص الديناميكية للمنشأ وقابلية المنشأ للاهتزاز تحت التأثير العاصف للرياح .

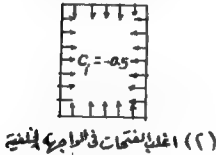
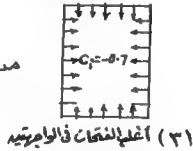
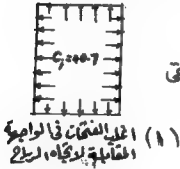
(٢) عند حساب ضغط الرياح الخارجي على المبانى والمنشآت وأجزائها ( معادلة رقم ٢١ ) تؤخذ قيمة  $G = 2$  .

(٣) عند حساب ضغط الرياح الداخلي على المبانى والمنشآت وأجزائها ( معادلة رقم ٢٢ ) تؤخذ قيمة  $G$  كالتالي :-

$G = 1$  إذا كانت نسبة الفتحات لا تزيد عن ٢٠٪ من مساحة الواجهات .

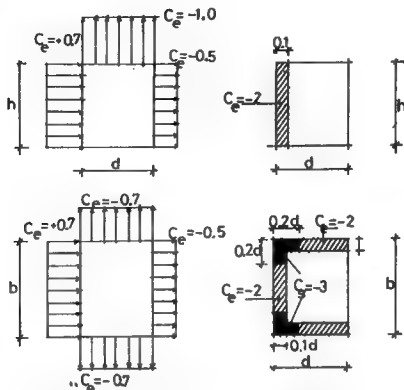


(٩) معامل توزيع ضغط الرياح الداخلي في مالمزعم ومورد فتحات

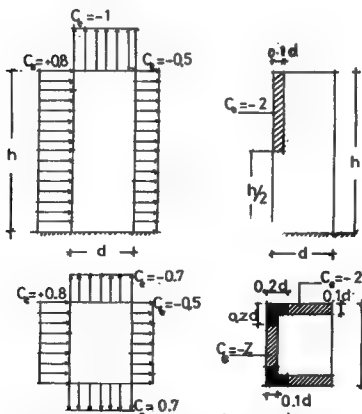


(ب) معامل توزيع ضغط الرياح الداخلي في مالة ومورد فتحات

شكل (١) يبين معامل توزيع ضغط الرياح الداخلي

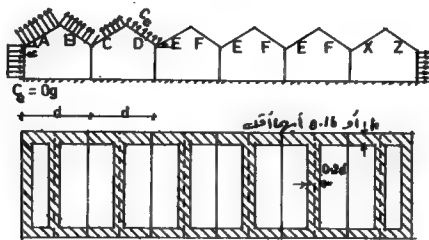


٢- معامل ضغط هوائي  
شكل (٢) يبين معامل توزيع ضغط الرياح للمباني المستطيلة  
التي يقل ارتفاعها عن ضعف عرضها



٣- معامل ضغط هوائي  
شكل (٣) يبين قيم معامل ضغط الرياح للمباني التي تزيد ارتفاعها عن ضعف عرضها





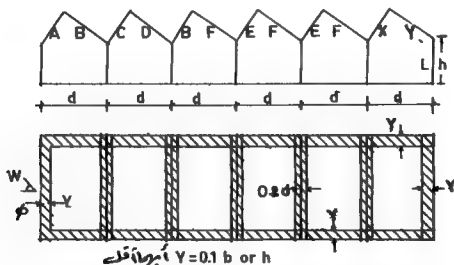
شكل (٥) يبين معامل توزيع ضغط الرياح للمبنى ذات الدور الواحد ذات الأسطح على شكل من المنشآت المتماثل

جدول رقم (٦) يبين معامل ضغط الرياح الداخلي C<sub>i</sub> لمبنى ذات الدور الواحد ذات الأسطح على شكل من المنشآت المتماثل

| C <sub>i</sub> | أماكن تواجد الفتحات                                   |
|----------------|---|
| + 0.8          | (١) أغلب الفتحات في الواجهة المقابلة لاتجاه الرياح    |
| - 0.3          | (٢) أغلب الفتحات في الواجهة الخلفية .                 |
| - 0.3          | (٣) أغلب الفتحات في الواجهتين الموازيين لاتجاه الرياح |
| + 0.3          | (٤) الفتحات موزعة بانتظام على الأربعة واجهات          |

جدول رقم (٥) يبين قيم C<sub>e</sub> للمبنى ذات الدور الواحد ذات الأسطح على شكل من المنشآت

| زاوية ميل α السطح | معامل توزيع ضغط الرياح الخارجي C <sub>e</sub> |      |      |      |      |      |      |      | معامل الضغط الرضحي C <sub>i</sub> |
|-------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------------------|
|                   | A   | B    | C    | D    | E    | F    | X    | Z    |                                   |
| 5°                | -0.9  | -0.6 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -2                                |
| 10°               | -1.1  | -0.6 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.4 | -2                                |
| 20°               | -0.7  | -0.6 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | 0.1  | -0.3 | -0.3 | -2                                |
| 30°               | -0.2  | -0.6 | -0.4 | -0.3 | -0.2 | -0.3 | -0.2 | -0.3 | -2                                |
| 45°               | +0.3  | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.2 | -0.4 | -0.2 | -0.3 | -2                                |



شكل (٦) يبين معامل توزيع ضغط الرياح للمبنى ذات الدور الواحد بـ سطح على شكل من منشآت غير متماثل ٩٠-٠

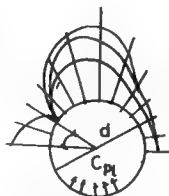
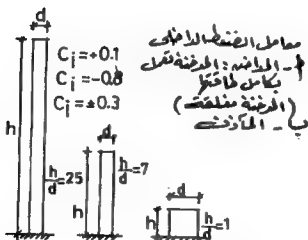


جدول رقم (٧) بين معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  والموضى  $C_i$  لجانب الدور الواحد ذات السقف بميل  $30^\circ - 60^\circ$

| زاوية ميل اتجاه<br>الرياح $\phi$ | معامل توزيع ضغط الرياح الخارجى $C_e$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | معامل الضغط<br>الموضعى $C_i$ |
|----------------------------------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------------|
|                                  | W                                    | A    | B    | C    | D    | E    | F    | X    | Y    | L    |      |                              |
| 0                                | +0.9                                 | +0.6 | -0.7 | -0.7 | -0.5 | -0.5 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | -0.4 | -0.2 |                              |
| 80                               | -0.4                                 | -0.5 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.4 | -0.6 | 0.6  | 0.1  | +0.9 | -0.2 |                              |

جدول رقم (٨) معامل ضغط الرياح الداخلى  $C_i$  لجانب الدور الواحد ذات السقف بميل  $30^\circ - 60^\circ$

| $C_i$            |                    | أماكن تواجد الفتحات                                |
|------------------|--------------------|--|
| $\phi = 0^\circ$ | $\phi = 180^\circ$ |  |
| + 0.8            | - 0.3              | (١) أغلب الفتحات في الواجهة المقابلة لاتجاه الرياح |
| - 0.3            | + 0.8              | (٢) أغلب الفتحات في الواجهة الخلفية                |
| - 0.3            | - 0.3              | (٣) أغلب الفتحات في الواجهتين لاتجاه الريح         |
| $\pm 0.3$        | $\pm 0.3$          | (٤) الفتحات موزعة على الأربعة واجهات .             |



شكل (٧) بين معامل ضغط الرياح للمأوى والمأوى

جدول رقم (٩) بين معامل توزيع ضغط الرياح الخارجى للمآذن والمداعن الأسطوانية كدالة من الزاوية  $\Theta$

| معامل توزيع الرياح الخارجى $C_e$ |            |           |           |
|----------------------------------|------------|-----------|-----------|
| $\Theta$                         | $h/d = 25$ | $h/d = 7$ | $h/d = 1$ |
| 0                                | + 1.0      | + 1.0     | + 1.0     |
| 15°                              | + 0.8      | + 0.8     | + 0.8     |
| 30°                              | + 0.1      | + 0.1     | + 0.1     |
| 45°                              | -0.9       | + 0.8     | - 0.7     |
| 60°                              | - 1.9      | - 1.7     | - 1.2     |
| 75°                              | - 2.5      | - 2.2     | - 1.6     |
| 90°                              | - 2.6      | - 2.2     | - 1.7     |
| 105°                             | - 1.9      | - 1.7     | - 1.2     |
| 120°                             | - 0.9      | 0.8       | - 0.7     |
| 135°                             | - 0.7      | - 0.6     | - 0.5     |
| 150°                             | - 0.6      | - 0.5     | - 0.4     |
| 165°                             | - 0.6      | - 0.5     | - 0.4     |
| 180°                             | -0.6       | - 0.5     | - 0.4     |

تستخدم القيم الموجودة فى الجدول على النحو التالى :

١ ( السطح الخارجى متوسط النعومة مثل سطح الخرسانة العادى أو سطح المبانى المنتظمة .

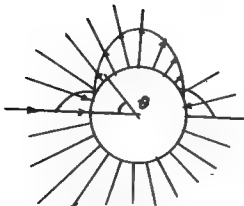
٢ ( القيم المدونة فى الجدول تم حسابها على أساس :

$$v d > 6 \text{ أو } d \sqrt{q} > 1.5$$

حيث  $d$  بالمتر،  $v$  السرعة التصميمية بالمتر / ث ،  $q$  ضغط

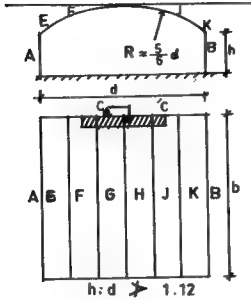
الرياح الأساسى كجم / م<sup>٢</sup>

$$v = 4\sqrt{q}, \quad q = v^2/16$$



شكل (٨) يبين المفاصل الكروية

جدول رقم (١٠) يبين معامل توزيع ضغط الرياح  $C_p$  كدالة من الزاوية  $\theta$



| $\theta$   | $C_p$ | $\theta$    | $C_p$ |
|------------|-------|-------------|-------|
| $0^\circ$  | + 1.0 | $105^\circ$ | - 1.0 |
| $15^\circ$ | + 0.9 | $120^\circ$ | - 0.6 |
| $30^\circ$ | - 0.5 | $135^\circ$ | - 0.2 |
| $45^\circ$ | - 0.1 | $150^\circ$ | + 0.1 |
| $60^\circ$ | 0.7   | $165^\circ$ | + 0.3 |
| $75^\circ$ | - 1.1 | $180^\circ$ | + 0.4 |
| $90^\circ$ | - 1.2 |             |       |

تستخدم القيم الموجودة في الجدول على أساس أن :

(١) السطح الخارجي متوسط النعومة .

(٢) القيم المدونة في الجدول تم حسابها على أساس :

$d\sqrt{q} > 7$  أو  $vd > 28$  حيث  $d$  قطر السطح بالمتر و  $v$  السرعة

التصميمية (م/ث) و  $q$  ضغط الرياح الأساسي كجم/م<sup>٢</sup>

$$V = 4\sqrt{q}, \quad q = V^2/16$$

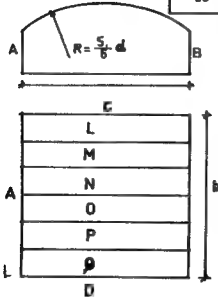
المساحة المنتشرة معرضة لضغط مركز موضعي في حالة  $\phi = 30^\circ$

وأحد معامل الضغط في هذه الحالة فقط ويساوي  $C_p = 2.5$

شكل (٩) يبين توزيع ضغط الرياح  
بزاوية انحدار  $\phi = 30^\circ$   
انظر مبدل (١١)

جدول رقم (١١) يبين معامل توزيع ضغط الرياح الخارجي

| Wind direction $\phi$ | معامل توزيع ضغط الرياح $C_p$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                       | A                            | B    | C    | D    | E    | F    | G    | H    | J    | K    |
| $0^\circ$             | +0.7                         | -0.2 | -0.3 | -0.3 | -0.1 | -0.5 | -0.8 | -0.8 | -0.4 | -0.1 |
| $30^\circ$            | +0.6                         | -0.3 | -0.2 | -0.4 | -0.1 | -0.4 | -0.7 | -0.9 | -0.7 | -0.4 |



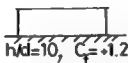
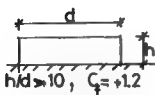
شكل (١٠) يبين توزيع ضغط الرياح  
الخارجي بزاوية انحدار  $\phi = 30^\circ$   
مبدل (١٢)

جدول رقم (١٢) بين معامل توزيع ضغط الرياح الخارجى  $C_e$

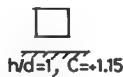
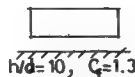
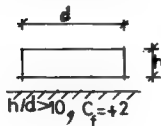
| wind<br>direction $\phi$ | معامل توزيع ضغط الرياح $C_e$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                          | A                            | B    | C    | D    | L    | M    | N    | O    | P    | Q    |
| $90^\circ$               | -0.3                         | -0.3 | +0.9 | -0.3 | -0.8 | -0.7 | -0.5 | -0.3 | -0.1 | -0.1 |

جدول رقم (١٣) معامل توزيع ضغط الرياح الداخلى

| معامل توزيع ضغط الرياح الداخلى $C_i$ |                   |                   | أماكن وجود الفتحات                      |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|---|
| $\phi = 0^\circ$                     | $\phi = 30^\circ$ | $\phi = 90^\circ$ |   |
| +0.4                                 | +0.7              | -1.0              | أغلب الفتحات فى الواجهة A               |
| -0.1                                 | +0.6              | +0.8              | أغلب الفتحات فى الواجهة C               |
| $\pm 0.2$                            | $\pm 0.2$         | $\pm 0.2$         | الفتحات موزعة بانتظام على الأربع واجهات |



أ - الموائط المركزة على الدخول



ب - الموائط المنتشرة على الدخول

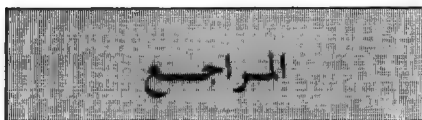
شكل (١١) يبين قيم معامل الرياح الكلية  $C_p$  للموائط

جداول رقم (١٤) بين قيمة معامل قوة الرياح الكلية  $C_p$  الواردة في معادلة رقم (٢٤)

| $h/d$ |     |     | المسقط الأفقى                                      |
|-------|-----|-----|--|
| ٢٥    | ٧   | ١   |  |
| ١,٣   | ١,٣ | ١,٢ | مربع الشكل (الريخ عمودى على الضلع)                 |
| ١,٥   | ١,١ | ١   | مربع الشكل (الريخ فى اتجاه الوتر)                  |
| ١,٤   | ١,٢ | ١   | سداسى أو ثمانى الشكل                               |
| ٠,٧   | ٠,٦ | ٠,٥ | سطح أملس بدون نتوءات ( $\frac{\bar{d}}{d} = 0.0$ ) |
|       |     |     | دائرة الشكل سطح به نتوءات بنسبة                    |
| ٠,٩   | ٠,٨ | ٠,٧ | ( $\frac{\bar{d}}{d} = 0.2$ )                      |
| ١,٢   | ١,٠ | ٠,٨ | سطح به نتوءات ( $\frac{\bar{d}}{d} = 0.2$ )        |

حيث  $\bar{d}$  = عمق النتوء  
 $d$  = القطر أو البعد الأصغر للقطاع فى المسقط الأفقى  
 $h$  = الارتفاع









## مراجع مشتركة في الأربعة أجزاء

- |   |  |
|---|--|
| المؤلف  | اسم الكتاب   |
| المهندس عبد اللطيف أبو العطا البقرى               | ١ - الموسوعة الهندسية للمواصفات والتصميمات ومعدلات المواد والعمالة لإنشاء المباني والمرافق العامة طبعة ١٩٩٤  |
| المهندس عبد اللطيف أبو العطا البقرى               | ٢ - المنشأة المعمارية في التصميم الإنشائي - الكميات والمواصفات - دراسة العطائات طبعة ١٩٨٩  |
| الضباط العظام ( بالهيئة الهندسية للقوات المسلحة ) | ٣ - المجلة الهندسية للقوات المسلحة   |
| مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمراني       | ٤ - الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة   |
| مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمراني       | ٥ - الكود المصرى لميكانيكا التربة وتنفيذ الأساسات في ( دراسة الموقع - الأساسات المعرضة للاهتزازات والأحمال الديناميكية - الأساسات على التربة ذات المشاكل - الأساسات الضحلة ) |
| دكتور أسامة مصطفى شافعى                           | ٧ - الأساسات ( دراسة الموقع - الأساسات السطحية - الحوائط الساندة )   |

## مراجع خاصة بالجزء الأول ( دراسة الموقع )

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 1- N.T sytovich- B. dalmatove   | Foundation soils and substructures        |
| 2- A.K. Gamal Eldin             | Soil mechanics and foundation engineering |
| 3- Satyendra Mittal             | Soil testing for engineerings             |
| 4- K.T erzaghi, and R.B peck    | Soil mechanics in engineering             |
| 5- Dr. Tuma and. Dc. Abdel hady | Engineering soil mechanics                |
| الدكتور أسامة مصطفى الشافعى     | ميكانيكا التربة ( أساسيات وخواص التربة )  |
| الدكتور رشدى بطرس               | مذكرات ( اختبارات التربة ومدى صلاحيتها )  |

## مراجع خاصة بالجزء الثانى ( الأساسات السطحية والعميقة )

- |   |  |
|---|--|
| N.E. Simons and B.K. Menzies                | Ashort course in foundation engineering                            |
| 1- D.M. Hilal                               | Foundamentals of reinforced and prestressed concrete               |
| 2- E. Fathy Farouk El- Gamal                | Foundation solved problems   |
| 3- G.N. Smith an E.L. Pole                  | Elements of foundation deisgn                                      |
| 4- J.E. Bowel & Mc Craw Hill                | Foundation analysis an deisgn                                      |
| 5- Gregory P & Tschebotarioff               | Foundation s- Retaining and earth structures                       |
| مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمراني | الكود المصرى لميكانيكا التربة وتنفيذ الأساسات ( الأساسات العميقة ) |
| دكتور محمد كمال خليفة                       | خوازيق الأساسات في مصر   |
| دكتور أسامة مصطفى شافعى                     | الأساسات ( تجهيز الموقع - الأساسات العميقة - ترميم الأساسات )      |
| دكتور رشدى بطرس                             | محاضرات ( الأساسات السطحية )                                       |
| دكتور يحيى مصطفى حمودة                      | الهندسة المعمارية في الوسط المائى                                  |

## مراجع خاصة بالجزء الثالث ( الحوائط الساندة )

المؤلف

اسم الكتاب

G.P Tschebotarioff

Foundation retaining and earth structures

Peck Hanson Thornburn

Foundation engineering

مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمراني

الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ( المنشآت الساندة )

ف . بانكوف ، ي . سيجالوف

الإنشاءات الخرسانية المسلحة

الدكتور أحمد كمال عبد الفتاح

محاضرات ( نظريات الحوائط الساندة )

المهندس إبراهيم نجيب ( مصلحة المباني الأميرية )

الاشتراطات الفنية للأعمال الإنشائية

## مراجع خاصة بالجزء الرابع ( انهيار المباني وعلاجها )

1- W.H. Ranson

Building failures, Diagnosis and Avoidance

'Concrete and reinforced concrete

2- V. Moskvina (Mir publisher)

Deterioration and protection

3- M.G. Richardson

Cracking in reinforced concrete buildings

4- Johnson, Sydney M.

Deterioration, maintenance and repair of structures

5- Londer, M., Weder, Ch

Concrete structures with ponded external reinforcement

6- Pullor-Strecker, P

Corrosion damaged concrete- Assessment and repair CIRLA london 1987

7- Rainer Aswald &amp; Diermar Rogier &amp; Hans Schweckert

Structural failure in residential buildings

الدكتور مهندس/ حبيب زين العابدين  
( بالسعودية )

الحكم على سلامة المنشآت الخرسانية

جامعة الدول العربية - المملكة العربية السعودية  
وزارة الأشغال العامة والإسكان

تصدعات المباني بالعالم العربى وكيفية معالجتها

أ.د شريف أبو المجد - أ.م.د. منير كمال أ.د. عمر  
سلامة أ.م.د شادية الإيبارى

تصدع المنشآت الخرسانية وطرق إصلاحها

مهندس/ سيد الشريف  
مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمراني

الأمان والاقتصاد فى الخرسانة المسلحة

الكود المصرى لأسس تصميم واشتراطات تنفيذ أعمال المباني  
( مقاومة المباني للزلازل - الأحمال - الحوائط الحاملة - الحوائط الخارجية غير الحاملة المستعملة كستائر خارجيةالدكتورة شادية الإيبارى  
البحث العلمى والتكنولوجيا والمحبة العامة لبحوث

مذكرات ( تصدعات للمنشآت وعلاجها )

الإسكان والبناء والتخطيط العمراني

التقرير الدورى الثانى : لبحث : أنسب أساليب الإنشاء واقتصادياتها  
سنة ١٩٨٦ ، ١٩٩١

دكتور سيد عبد السلام

تقرير فنى : ( إصلاح أساسات ) وتدعيم مبنى سكنى

دكتور محسن مشهور \*

المهندس/ حمدى عبد العزيز السيد

تقرير فنى ( انهيار المبكر للمنشآت الخرسانية )

دكتور عزت هاشم مرسى - دكتور/ حسن طه

تقرير فنى ( إعادة مواصفات قياسية لمواد معالجة وإصلاح المباني )

العروسي - مهندس عمر أحمد طلعت

## المؤلف

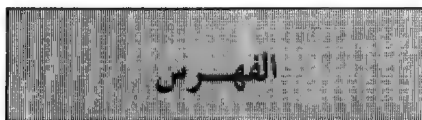
## اسم الكتاب

تقرير فنى ( أسباب وآثار تراكم المياه على أرضية بعض المنشآت فى مصر وطرق علاجها ) مهندس/ محمد ممدوح رياض

تقرير فنى ( دراسة لعلاج تسرب المياه الأرضية داخل المباني )  
 تقرير فنى ( تطوير نظام ضغال لمراقبة جودة الخرسانة )  
 مذكرات وصور هامة للمشروع

دكتور عبد الفتاح السيد أبو العيد  
 دكتور حبيب مصطفى زين العابدين  
 المهندس/ حسن صالح







## بسم الله الرحمن الرحيم

### الجزء الأول : دراسة الموقع

|   |    |
|---|----|
| بيان الأعمال  | ٩  |
| الباب الأول : عناصر الاستكشاف وطرق أخذ عينات التربة وتوصيف لعمل التقرير والجسة          | ٩  |
| الفصل الأول : عناصر الاستكشاف وأخذ عينات التربة   | ٩  |
| الدراسة المطلوبة لعناصر الاستكشاف   | ٩  |
| طرق مبسطة لأخذ عينات التربة   | ١٠ |
| (أ) الحفرة  | ١٠ |
| (ب) قضبان الدق  | ١٠ |
| (ج) التفتيب   | ١١ |
| (١) التفتيب بالبريمة أو الحفرة  | ١١ |
| (٢) التفتيب بالمضخة المائية ( طريقة النافورة )  | ١٢ |
| (٣) التفتيب الدوراني  | ١٢ |
| تسجيل النتائج   | ١٣ |
| شكل يبين تسجيل المعلومات الجيولوجية عند اختيار الموقع                                   | ١٣ |
| شكل يبين تسجيل البيانات في قطاع نموذجي للجسات   | ١٣ |
| شكل يبين توضيح أنواع التفتيب في قطاع الجسات   | ١٣ |
| الفصل الثاني : طريقة توصيف الجسة والتقرير   | ١٤ |
| غلاف التقرير والمحتويات والمقدمة  | ١٤ |
| استكشاف أبحاث التربة والجسات ، التجارب العملية والخفلية                                 | ١٥ |
| التوصيات ، الاقتراحات ، العينات التي توجد بقطاع الجسة                                   | ١٦ |
| قطاع توصيف الجسة وشكل يبين منحنى التدرج الحبيبي لهذه العينات                            | ١٧ |
| شكلان يبينان تعيين حدود القوام ( حدود أتربرج ) وتعيين حد السيولة باستخدام جهاز كزاجراند | ١٨ |
| شكلان يبينان تعيين حد اللدونة المقابل وتصنيف التربة باستخدام منحنيات اللدونة            | ١٩ |
| الباب الثاني : أنواع خواص التربة والصخور  |    |

|  |    |
|--|----|
| الفصل الأول : أنواع الصخور   | ٢١ |
| تقسيم الصخور إلى ثلاثة أنواع رئيسية :  | ٢١ |
| ١ - الصخور النارية   | ٢١ |
| ٢ - الصخور الرسوبية  | ٢١ |
| جدول يبين أنواع الرسوب العضوية والآخر أنواع الرسوب الكيميائية                                  | ٢٢ |
| ٣ - الصخور المتحولة . ٤ - التقسيم الهندسي للصخور وجدول يبين وحدة الحجم ومسامية الصخور          | ٢٣ |
| الفصل الثاني : أنواع التربة  | ٢٤ |
| ١ - تعريف التربة ، ٢ - أنواع التربة ، ٣ - تصنيف أنواع التربة                                   | ٢٤ |
| ٤ - التركيب المعدني للتربة - قطاع التربة - عمليات التربة والتجوية                              | ٢٥ |
| الفصل الثالث : أنواع التربة في جمهورية مصر العربية :   |    |
| ( ١ ) الرواسب النيلية - رواسب النهر في سهلة الفيض - الترسبات النيلية الساحلية - التربة العضوية | ٢٦ |
| ( ٢ ) التربة الصحراوية - الرمال المتأسكة - الطبقات الطينية                                     | ٢٦ |

## الباب الثالث : الدراسات والتجارب بالموقع

**الفصل الأول : الجسات - القطاعات الجيولوجية - الطبقات الحرجة - أعماق الجسات - الجسات التأكيدية -**

|    |  |
|----|--|
| ٢٩ | جدول يبين أنواع الجسات الميكانيكية   |
| ٣٢ | <b>الفصل الثاني : جدول يبين متطلبات تحديد عدد الجسات بالمواقع المختلفة</b> |
| ٣٣ | جدول يبين متطلبات تحديد أعماق الجسات                                       |

## الباب الرابع : الاختبارات بالموقع وأنواعها

**الفصل الأول : أنواع الاختبارات أولاً : اختبار الاختراق القياسي - الإعداد للاختبار - الملعة القياسية**

|    |  |
|----|--|
| ٣٥ | ثانياً : اختبار الدق - ثالثاً : تجربة الاختراق بالمخروط - تجربة الاختراق بالمخروط الديناميكي - تجربة الاختراق بالمخروط الاستاتيكي ( المخروط المولندي ) |
| ٣٦ | خطوات إجراء الاختبار الميكانيكي - مخروط الاختراق الاحتكاكي   |
| ٣٧ | مخروط الاختراق الكهربائي - طريقة مقياس الضغط للتربة  |
| ٣٨ | طريقة وضع الجس في التربة - وضع الجس بعد عمل الحفرة - دفع الجس هيدروليكيًا أو مباشرة من سطح الأرض - الحفر الذاتي للجس                                   |
| ٣٩ | أجزاء التجربة - التصحيحات - الضغوط الأساسية  |
| ٤٠ | تسجيل المعلومات لكل اختبار   |
| ٤١ | <b>الفصل الثاني : اختبار تحميل التربة ( لوح التحميل )</b>  |
| ٤١ | خطوات إجراء الاختبار - تصميم الأساسات والطرق والمطارات   |
| ٤٢ | حساب نتائج الاختبارات - معامل رد فعل طبقة الأساس   |
| ٤٣ |  |

## الجزء الثاني : الأساسات السطحية والعميقة

### الباب الأول : اعتبارات لبعض الحالات الخاصة للأساسات

|         |  |
|---------|--|
| ٤٩ - ٥٠ | الأحمال الدائمة - مواد البناء  |
| ٥١      | المواد المعدنية - الوقود - السوائل   |
| ٥٢      | مواد غشائية - مواد أخرى  |
| ٥٣      | الأحمال الإضافية غير الديناميكية ( الأحمال الحية )   |
| ٥٤      | تخفيض الأحمال الإضافية في الأبنية متعددة الطوابق   |
| ٥٤      | وزن الأحمال الميتة المضافة للأساسات  |
| ٥٥      | تحديد العمق الخاص بالمخبر للأساسات - ثانياً - قوة تحمل التربة  |
| ٥٧      | أنواع التربة المختلفة ومقدار الجهد الواقع عليها  |
| ٥٨      | ملاحظات عامة على التأسيس - جدول يبين معامل الانتفاش للتربة   |
| ٥٩      | جدول يبين أوزان أنواع التربة وزوايا الميل الطبيعي وجهد الاحتكاك لأنواع التربة على محيط الخوازيق          |
| ٥٩      | التربة ذات المشاكل : تعريف التربة  |
| ٦٠      | التربة القابلة للانحسار - التربة الطينية - أنواع التربة القابلة للانتفاخ - أنواع التربة القابلة للانحسار |
| ٦٠      | أنواع التربة الطينية اللينة - التربة الكيميائية القابلة للانتفاخ :                                       |
| ٦١      | أولاً : خصائص التربة المتفخخة  |
| ٦١      | ثانياً : مظاهر التربة المتفخخة في الطبيعة - ثالثاً : ميكانيكية الانتفاش والأسباب المؤثرة عليها           |
| ٦٢      | رابعاً : قيم ضغط الانتفاش  |
| ٦٤      | الاحتياطات الواجب مراعاتها عند التأسيس على تربة متفخخة   |
| ٦٤      | الطين النهرى المكتسب حالة الانتفاخ - الطين الطفلي المكتسب حالة الليونة                                   |



معالجة التربة :

( ١ ) الإزالة والدمك - ( ٢ ) التكتيف بالمرس السطحي - ( ٣ ) التكتيف بالدق السطحي -

٦٥ ( ٤ ) التكتيف بالاهتزاز مع الغمر

٦٦ ( ٥ ) استبدال التربة - ( ٦ ) تثبيت التربة

## الباب الثاني : التأسيس على الصخر

٦٧ التقسيم العام للصخور - الصخور النارية

٦٨ الصخور الرسوبية - الصخور المتحولة

٦٩ المعادن المكونة للصخور - الكوارتز - الفلسبار - الميكا

٧٠ أسلوب التعرف على الصخور - جدول بين المعادن المكونة للصخور

٧١ الخصائص الهندسية للصخور - الصلابة - الصلادة - المتانة - إلخ

٧٢ أسلوب مبسط للتعرف على الصخور

٧٣ جدول بين تقويم الخصائص الهندسية لبعض الصخور - وصف بعض أنواع الصخور

٧٤ جدول بين الكثافة المتوسطة للصخور

٧٥ قدرة تحمل الصخور

تصنيف الصخور طبقاً لمقاومتها القصوى - جدول بين تصنيف الصخور طبقاً لمقاومة الضغط غير المحاط -

٧٦ تصنيف الصخور طبقاً للمسافات بين الفواصل - الخواص الهندسية للتكوينات الصخرية

تصنيف الصخور طبقاً لطبيعة واتجاه الفواصل - الأساسات الضحلة على الصخور السليمة - الأساسات الضحلة

٧٧ على الصخور غير السليمة

٧٨ التأسيس في حالة وجود الصخر على سطح الأرض أو قريب منها

٧٩ التأسيس السطحي لفندق المقطم ببلد القاهرة على الصخر

٨٠ قطاعان رأسيان لمبنيين مختلفي المناسيب وفي منسوب واحد يبين طريقة الحفر والردم

٨١ - ٨٢ رسمى فندق المقطم وقطاع من مسقط أفقى

## الباب الثالث

## الأساسات السطحية

٨٣ النماذج التي تم حلها بهذا الباب

٨٤ النموذج الأول : تصميم قاعدة ذو ثلاثة أعمدة وطريقة تصميم عامود

٨٦ رسومات القطاع والمنسقط الأفقى والعزم الحائى والقص

٨٨ ملاحظات على جهد القص والاختراق التماسك

٨٩ النموذج الثانى : الأساسات الشريطية لعدد من الأعمدة

٩١ رسومات النموذج الثانى

٩٣ النموذج الثالث : قاعدة مستطيلة مشتركة لعمودين متساوى الأحمال

٩٤ رسومات النموذج الثالث

٩٦ النموذج الرابع : تصميم قاعدة مشتركة لعمودين مختلفى الأحمال وأحدهما يبعد عن الجدار ٥٠ متر

٩٧ رسومات النموذج الرابع

١٠٠ النموذج الخامس : تصميم قاعدة مثل النموذج الرابع وبينها كمر

١٠١ رسومات النموذج الخامس

١٠٢ النموذج السادس : قاعدة مشتركة لعمودين أحدهما ملاصق للجدار ومختلفى الأحمال

١٠٣ رسومات النموذج السادس

١٠٥ النموذج السابع : قاعدة مشتركة شبه منحرف لعمودين أحدهما ملاصق للجدار

- ١٠٧ ..... رسم النموذج السابع
- ١١٠ ..... النموذج الثامن : تصميم قاعدة مثل النموذج السابع وبسهما كمره
- ١١١ ..... رسم النموذج الثامن
- ١١٢ ..... النموذج التاسع : قاعدة مشتركة لثلاثة أعمدة تختلف المسافات والأحمال
- ١١٣ ..... رسومات النموذج التاسع
- ١١٥ ..... النموذج العاشر : القواعد الكابولية
- ١١٧ ..... رسم القواعد الكابولية
- ١١٩ ..... استنتاج جهد القص ، جهد الاختراق وجهد التماسك لقاعدة محورية
- ١٢٠ ..... النموذج الحادى عشر : قاعدة كابولية لعמוד واحد
- ١٢٣ ..... رسم النموذج الحادى عشر
- ١٢٤ ..... النموذج الثاني عشر : الأساسات المستمرة
- ..... قطعة أرض مساحتها ١٢,٦٥×١٢,١٥ وعليها عدة أعمدة بنظام الكمرات والبلاطات ،
- ١٢٧، ١٢٦ ..... رسومات النموذج الثاني عشر
- ١٢٧ ..... النموذج الثالث عشر : نفس القطعة السابقة مع اختلاف الأحمال وتصميم البشة المسطحة
- ١٣١ ..... رسومات النموذج الثالث عشر
- ١٣٢ ..... النموذج الرابع عشر : تصميم أساسات مستمرة بنظام الكمرات المتقاربة
- ١٣٤ ..... رسومات النموذج الرابع عشر
- ١٣٦ ..... شرح لتصميم كمره حرف T

## الباب الرابع الأساسات العميقة

- ١٤١ ..... أنواع الخوازيق - استخدام الأساسات الخازوقية
- ١٤٢ ..... تقسيم الخوازيق بطريقتين متنوعتين
- ١٤٣ ..... رسومات لأشكال انهيار الخوازيق معاملة الإحاطة - معامل التماسك
- ١٤٤ ..... الخوازيق المجهزة أو السابقة الصلب
- ١٤٥ ..... الخوازيق التى تصب مكانها - خوازيق فرانكى
- ١٤٦ ..... خازوق سترونج - خازوق سميلكس - خازوق فيرو
- ١٤٧ ..... خوازيق لا تعتمد على الدق - خازوق بيتو
- ١٤٨ ..... خوازيق فيرو بالتفريغ - خازوق بريست كور
- ١٤٩ ..... خوازيق التفريغ - خوازيق ويرس
- ١٥٠ ..... خازوق كومبريسول - خوازيق استراوس
- ١٥١ ..... الخوازيق الحشيرية
- ١٥٢ ..... جدول يبين تأثير خاصية الإنبعاث
- ١٥٣ ..... الخوازيق الحديدية - الخوازيق الصلب المدرفلة - الخوازيق البرية - قدرة تحمل الخوازيق
- ١٥٤ ..... قدرة تحمل الخوازيق بالصيغ النظرية
- ١٥٥ ..... التربة الطينية الصرفة
- ١٥٦ ..... جدول يبين القيم المناسبة للاتصاق فى حالة الخوازيق المنشأة على تربة طينية صرفة
- ١٥٧ ..... التربة الغير متماسكة الحبيبات
- ١٥٨ ..... حساب قدرة تحمل الخوازيق من بيانات الدق - الصيغ الديناميكية الخاصة بالخوازيق المنشأة بالدق
- ١٥٩ ..... شكل يبين كثافة الدق
- ١٦٠ ..... عدة أشكال تبين جهد الدق

|     |   |
|-----|---|
| ١٦١ | المعادلة الموجبة لتحليل بيانات ذق الخوازيق                                      |
| ١٦٢ | استخدام نتائج التجارب الحقلية - اختبار الشروط الإستاتيكي واختبار مقياس الضغط    |
| ١٦٣ | جدول يبين تصنيف التربة  |
| ١٦٤ | قدرة تحمل مجموعة الخوازيق   |
| ١٦٥ | مجموعات الخوازيق على الصخر ، مجموعات الخوازيق على التربة الغير متماسكة الحبيبات |
| ١٦٦ | أحمال الشد على مجموعة الخوازيق - هبوط الخوازيق                                  |
| ١٦٧ | هبوط مجموعات الخوازيق المنشأة بتربة غير متماسكة الحبيبات                        |
| ١٦٨ | الأساسات على خوازيق من تربة مدكوكة أو مستبدلة                                   |
| ١٦٩ | الدمك الاهتزازى فى التربة الرملية المفكك - الاستبدال الاهتزازى للتربة الطينية   |
| ١٧٠ | القيسونات - القيسونات المفتوحة - قيسونات الهواء المضغوط                         |
| ١٧١ | الطريقة التي تم بها تنفيذ القيسونات بالنيل بكمبرى ٦ أكتوبر                      |
| ١٧٢ | القيسونات الصندوقية - أسس تصميم القيسونات                                       |
| ١٧٣ | الجهاز المحدثي المتحرك للمهندس جاميون   |
| ١٧٥ | مراحل تشييد الجهاز  |
| ١٧٦ | مشروع نافورة على النيل  |
| ١٧٧ | الدعائم   |
| ١٧٨ | رسم يبين مراحل تنفيذ دعائم الكبارى والمنشآت البحرية                             |
| ١٧٨ | قدرة التحمل للدعامة   |
| ١٧٩ | المراعاة فى تصميم وتنفيذ الدعائم  |

### الجزء الثالث : الحوائط الساندة

|     |         |
|-----|---------|
| ١٨٣ | المقدمة |
|-----|---------|

#### الباب الأول

#### استكشاف الموقع واعتبارات تنفيذية وفواصل الإنشاء

|     |  |
|-----|--|
| ١٨٥ | أعمال استكشاف الموقع والتجارب الحقلية            |
| ١٨٦ | شكل يبين طريقة الصرف خلف الحوائط                 |
| ١٨٧ | فواصل الإنشاء - تسليح الحائط - غطاء حديد التسليح |
| ١٨٨ | أنواع الانهيارات الشائعة للحوائط - إصلاح الحوائط |
| ١٩٠ | جدول يبين معاملات الاحتكاك القصوى                |

#### الباب الثانى

#### اعتبارات هامة عند التصميم والضغوط وتصميم الحوائط المبنية من الطوب

|     |   |
|-----|---|
| ١٩١ | تعريف الحوائط الساندة                                   |
| ١٩٢ | الضغوط  |
| ١٩٣ | الضغط الجانبي للجيوب                                    |
| ١٩٤ | الضغط الجانبي للسوائل                                   |
| ١٩٥ | الحوائط المبنية من الطوب - الأسس اللازمة لتصميم الحوائط |

|     |  |
|-----|--|
| ١٩٥ | النموذج الأول : مطلوب قاعدة الثلث - نموذج بين الضغط للتربة فقط بدون أحمال إضافية       |
| ١٩٦ | النموذج الثاني : تصميم حائط ارتفاعه ٤,٥م المطلوب معرفة القاعدة للحائط                  |
| ١٩٧ | ضغط السوائل  |
| ١٩٨ | ضغط الماء  |
| ١٩٨ | النموذج الثالث : تصميم حائط لحجر الماء -   |
| ١٩٩ | ضغط الريح - ضغط الأتربة وعليها حمل إضافي   |
| ٢٠٠ | النموذج الرابع : تصميم حائط عليه حمل إضافي بزاوية ٩٥°                                  |
| ٢٠٠ | النموذج الخامس : تصميم حائط عليه حمل إضافي ويحمل ٦ طن على بعد ٥,٥م من الناحية الظاهرة  |
| ٢٠٢ | إيجاد أبعاد تقريبية للحوائط الساندة  |
| ٢٠٣ | تطبيق للقاعدة التقريبية - طريقة استنتاج تأثير حمل مركز قريب من الحائط                  |
| ٢٠٤ | النموذج رقم ٦ : تصميم حائط عليه حمل مركز يبعد عن الحائط بمقدار ٢م                      |
| ٢٠٦ | إلقاء الضوء على المحصلة داخل أو الثلث الأوسط أو الربع الأوسط                           |
| ٢٠٧ | الأحمال المؤثرة بقطاعات القواعد المختلفة بالرسم  |
| ٢٠٨ | طريقة إيجاد محصلة حائط ساند من الطوب بالرسم  |
| ٢٠٩ | نموذج رقم (٧) : المطلوب تصميم قاعدة للحائط الساند من الخرسانة العادية                  |
| ٢١١ | رسم النموذج السابع   |
| ٢١٢ | نموذج رقم (٨) : تصميم قاعدة من الخرسانة المسلحة لحائط ساند من الطوب                    |
| ٢١٣ | رسم النموذج الثامن   |
| ٢١٣ | نموذج رقم (٩) : تصميم قاعدة على خوازيق خشب لحائط ساند من الطوب                         |
| ٢١٤ | رسم النموذج التاسع   |
| ٢١٥ | رسم لاستنتاج أربعة خوازيق  |
| ٢١٦ | نموذج رقم (١٠) : تصميم قاعدة من الخرسانة المسلحة مرتكزة على خوازيق لحائط ساند من الطوب |
| ٢١٧ | رسم النموذج العاشر   |
| ٢١٨ | تأثير وجود طبقات مختلفة من الأتربة في الوزن والنوع على الحائط الساند                   |
| ٢١٨ | نموذج رقم (١١) : تصميم حائط ساند لنوعين من التربة المختلفة                             |

### الباب الثالث

#### الحوائط الساندة من الخرسانة العادية والمسلحة

|     |   |
|-----|---|
| ٢٢١ | الحوائط الساندة من الخرسانة العادية                                 |
| ٢٢٢ | تصميم الحوائط الثقيلة   |
| ٢٢٣ | النموذج الثاني عشر : تصميم حائط من الخرسانة العادية مقروض لما أبعاد |
| ٢٢٧ | الحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة                                 |
| ٢٢٨ | القيم العملية لأبعاد الحوائط الكابولية                              |
| ٢٢٩ | النموذج الثالث عشر : تصميم حائط كابولي من الخرسانة المسلحة          |
| ٢٣٥ | رسومات النموذج الثالث عشر   |
| ٢٣٦ | الحوائط الساندة ذات الدعامات الخلفية                                |
| ٢٣٧ | النموذج الرابع عشر : تصميم حائط ساند ذو دعامات من الخرسانة المسلحة  |
| ٢٣٨ | رسومات لحائط ساند ذو دعامة  |
| ٢٤٠ | قطاع لرسومات دعامة لحائط ساند من الخرسانة المسلحة                   |

## الجزء الرابع : تصدع المباني وعلاجها

|     |  |
|-----|--|
| ٢٤٣ | مقدمة  |
| ٢٤٥ | الباب الأول : المواد والتصميم والتنفيذ   |
| ٢٤٥ | مقدمة - مثلث مقفل ذو ثلاثة أضلاع - المواد - التصميم - التنفيذ  |
| ٢٤٦ | الفصل الأول : المواد المستعملة في الخرسانة - الأمتخت - الركام  |
| ٢٤٧ | الإضافات - يراعى عند استخدام الإضافات الاشتراطات التالية   |
| ٢٤٨ | ماء الخلط أو المعالجة : صلب التسليح للخرسانة   |
| ٢٤٨ | الخواص الميكانيكية لصلب التسليح  |
| ٢٤٩ | تحديد مكونات الخرسانة : رتبة الخرسانة  |
| ٢٥٠ | متوسط المقاومة المستهدف - هامش أمان تصميم الخلطة   |
| ٢٥٠ | نسب مكونات الخرسانة - خلطات استرشادية  |
| ٢٥١ | خلطات تأكيدية المقاومة : اعتبارات خاصة لتأمين تحمل الخرسانة مع الزمن                                 |
| ٢٥٢ | الحد الأقصى لمحتوى أيونات الكلوريدات في الخرسانة - الخرسانة في الظروف الحامضية                       |
| ٢٥٣ | جدول يبين متطلبات الخرسانة المعرضة للمهاجمة الكبريتية  |
| ٢٥٤ | الفصل الثاني : التصميم   |
| ٢٥٤ | أعمال الأساسات - ارتفاع المياه الجوفية وأضرارها  |
| ٢٥٥ | طرق المعالجة المطروحة للتقليل أو الحد من أضرار المياه الجوفية على المباني                            |
| ٢٥٦ | الأساليب الوقائية في مرحلة تنفيذ المشروع ( المبني )  |
| ٢٥٦ | حماية الأساسات من أملاح التربة وأحماضها :  |
| ٢٥٦ | الدراسات الكيميائية للمواد المكونة للبيئة المحيطة بالأساسات  |
| ٢٥٧ | الأحماض الحرة والمعدنية - الكبريتات - أملاح الغنسيوم - أملاح الألمنيوم والماء العذب ، الدهون والزيوت |
| ٢٥٨ | تواجد المواد المهاجمة للخرسانة ، المياه ومصادرها المتعددة  |
| ٢٥٨ | التربة وما تحتويه من مواد حمضية ضارة - الغازات والمياه وفحوصها                                       |
| ٢٥٩ | التربة : التربة الضارة وفحوصها   |
| ٢٦٠ | التربة المهاجمة والغازات وخطورتها على الخرسانة المسلحة   |
| ٢٦١ | جدول يبين الاحتياطات اللازمة لحماية الخرسانة من الكبريتات المهاجمة                                   |
| ٢٦١ | حماية الأساسات من تأثير الكيمولويات  |
| ٢٦٢ | بعض أسباب فشل للأساسات الضحلة  |
| ٢٦٢ | أحوال الزلازل التصميمية : الإجهادات المسموحة   |
| ٢٦٣ | طريقة الحمل الإستاتيكي المكافئ   |
| ٢٦٣ | القوى العرضية التصميمية  |
| ٢٦٣ | جدولان يبينان قيم معامل المنطقة الزلزالية (Z) ومعامل أهمية المبني I                                  |
| ٢٦٤ | جدولان يبينان قيم معامل التربة (S) ومعامل التوافق الإنشائي (K)                                       |
| ٢٦٥ | توزيع القوى العرضية  |
| ٢٦٥ | طريقة طيف التجارب : المعامل الزلزالي التصميمي  |
| ٢٦٦ | الأحوال المودية modal للأكوار  |
| ٢٦٧ | طريقة التجارب الديناميكي : الإزاحة العرضية واللي   |
| ٢٦٧ | الأساسات الضحلة : القواعد المنفصلة والأساسات الشريطية واللبشة  |

|                 |   |
|-----------------|---|
| ٢٦٨             | تسلي التربة : أسباب تسلي التربة - مبدأ النسبة الحرجة للفراغات   |
| ٢٦٩             | العوامل المؤثرة على تسلي التربة - تقدير قابلية التسلي           |
| ٢٧٠             | تقدير قابلية التسلي بمعلومية مقاومة الأخراق                     |
| ٢٧١             | الترجيح : الطريقة التقريبية لحساب الترجيح                       |
| ٢٧٢             | الحواظ السائدة : الضغط الجانبي والفعال للتربة                   |
| ٢٧٣             | الضغط المقاوم للتربة  |
| ٢٧٤             | تأثير التشبع على الضغط الجانبي للتربة - إلخ                     |
| ٢٧٥             | ثبات السدود الترابية والجسور : انهيار السدود الترابية           |
| ٢٧٧-٢٧٦         | طرق التحليل لأنواع التربة                                       |
| ٢٧٧             | تصميم الهيكل الخرسانى   |
| ٢٧٧             | التفاصيل الإنشائية : مطابقة التفاصيل الإنشائية                  |
| ٢٧٧             | ترتيبات عامة تتعلق بالتسليح ، الانحناء المسموح فى أسياخ التسليح |
| ٢٧٨             | وصل الأسياخ   |
| ٢٧٩             | طول التثبيت الأساسى فى حالة الشد وحالة الضغط                    |
| ٢٨٠             | الفواصل بين أسياخ التسليح والأسياخ المتلاصقة                    |
| ٢٨١             | الغطاء الخرسانى للتسليح   |
| ٢٨١             | ترتيبات خاصة ببعض عناصر الإنشاء : الأعمدة                       |
| ٢٨٢             | البلاطات والمنشآت المستوية                                      |
| ٢٨٢             | إعداد الرسومات  |
| ٢٨٣             | تحضير الرسومات التنفيذية  |
| ٢٨٣             | الفصل الثالث : التنفيذ : ترتيبات خاصة بالقوالب والشدات          |
| ٢٨٦ ، ٢٨٥ ، ٢٨٤ | رسومات خاصة بالقوالب  |
| ٢٨٧             | تجهيز القوالب قبل الصب ، فك القوالب                             |
| ٢٨٨             | التسليح - ترتيبات خاصة بالخرسانة والمواد الداخلة فيها           |
| ٢٨٩             | نقل الخرسانة لموضع الصب - صب الخرسانة                           |
| ٢٨٩             | أعمال صب الخرسانة فى المناخ الحار والبارد                       |
| ٢٨٩             | صب الخرسانة فى المناخ الحار                                     |
| ٢٩١             | بعض النقاط التى يجب ذكرها لصب ونمو الخرسانة فى المناخ الحار     |
| ٢٩٢             | أعمال صب الخرسانة فى المناخ البارد                              |
| ٢٩٢             | بعض النقاط التى يجب مراعاتها لصب ونمو الخرسانة بالمناخ البارد   |
| ٢٩٣             | فواصل الصب والانكماش واتحمد                                     |
| ٢٩٤             | رسومات فواصل اتحمد  |
| ٢٩٥             | اختبارات الخرسانة - صنع الخرسانة - اختبارات الموقع              |
| ٢٩٦             | التفاوت المسموح به فى الأبعاد                                   |
| ٢٩٧             | التفاوت المسموح به فى التسليح                                   |

## الباب الثانى : الشروح فى المباني

|     |  |
|-----|--|
| ٢٩٩ | الفصل الأول : الملخص المنهجي الذى يجب اتباعه فى ملاحظة تصدع المباني        |
| ٢٩٩ | ملاحظة التصدع - تحديد أسباب التصدع   |
| ٣٠٠ | طريقة النسب المحدودة - الاختبارات اللازمة لتقسيم المنشأ - تجربة التحميل    |
| ٣٠١ | الفصل الثانى : تصدع المنشآت خلال العشر سنوات الأخيرة بمجمهورية مصر العربية |

- ٣٠١ الأسباب الرئيسية لانتهار أوتصدع المباني
- ٣٠٢ عيوب في تنفيذ الأعمال الصحية
- ٣٠٣ دراسة إحصائية للمنشآت التي تصدعت تبعاً لسنة الإنشاء
- ٣٠٤ علاج المنشآت الخرسانية من التآكل بسبب المياه
- ٣٠٤ تسرب مياه الصرف الصحي والمجاري
- ٣٠٥ الفصل الثالث : أنواع الشروخ
- ٣٠٥ شقوق قبل التصلد - شقوق بعد التصلد
- ٣٠٥ تقسيم المباني التي بها الشروخ إلى قسمين : وهما المباني الجاهزة والمباني العامة - المباني الجاهزة
- ٣٠٦ الشروخ الخرسانية للمباني الجاهزة
- ٣٠٦ شروخ غير إنشائية لأسباب غير إنشائية
- ٣٠٧ شروخ نتيجة التآكل - تآكل حديد التسليح
- ٣٠٧ الشروخ الإنشائية
- ٣٠٨ صيانة وترميم المنشآت - معالجة الشروخ وترميم المنشآت
- ٣٠٩ رسومات لطريقة تثبيت الأشرار
- ٣١٠ الفصل الرابع : تصنيف الشروخ الذاتية في الخرسانة المسلحة
- ٣١٢ جدول يبين تصنيفاً مسطراً لأنواع الرئيسية للشروخ
- ٣١٢ رسم يبين رموز الشروخ المختلفة في مواقعها النموذجية
- ٣١٣ ثانياً : شرح لأسباب الشروخ وعلاجها : الشروخ الذاتية :
- ٣١٣ شروخ الانكماش اللدن - شروخ المبوط اللدن
- ٣١٤ الاحتياطات الواجب اتباعها في تفادي المبوط اللدن
- ٣١٥ رسومات تنفيذية لرسومات شدة تخضع للمواصفات العامة
- ٣١٦ شروخ التقلص الحراري المبكر - شروخ الانكماش الناتج عن الجفاف
- ٣١٧ الشروخ الشبكية
- ٣١٨ شروخ بسبب تآكل حديد التسليح
- ٣١٩ حماية حديد التسليح - ميكانيكية تآكل حديد التسليح
- ٣٢٠ الاحتياطات الواجب اتخاذها لتفادي الشروخ الناتجة عن تآكل حديد التسليح
- ٣٢١ أسباب انتهار سقف معلق لحمام سياحة - شروخ بسبب التفاعل القلوي للركام
- ٣٢٢ شروخ بسبب تفاعل الخرسانة مع الكبريتات
- ٣٢٣ الشروخ الإنشائية : شروخ بسبب أخطاء التصميم
- ٣٢٤ رسومات تفصيلية لأشكال الشروخ المائلة في الكمرات
- ٣٢٥ تشققات الأركان والزوايا - شروخ نتيجة لضعف الخلطة الخرسانية
- ٣٢٥ شروخ سببها التسليح غير كاف والتفاصيل غير مكتملة
- ٣٢٦ ملاحظات عامة على الأساسات - شروخ بسبب إعاقه الحركة
- ٣٢٧ فواصل الصب - فواصل الانكماش
- ٣٢٨ أنواع الفواصل - رسومات تنفيذية
- ٣٢٩ فواصل التمدد - قصور في طريقة التنفيذ - إهمال العزل المائي والحراري واستعمال الأنواع التقليدية من العزل ذو الكفاءة المنخفضة
- ٣٣٠ تعرض المنشآت لعوامل لم تؤخذ في الاعتبار عند التصميم
- ٣٣٥ صور لمباني مهدمة بسبب الزلازل وسوء التصميم والتنفيذ

|           |   |
|-----------|---|
| ٢٣٦       | شروخ نتيجة لقلة القطاع الخرساني عن القطاع التصميمي - أسباب مجتمعة بسبب الشروخ وضعف الخرسانة |
| ٢٣٧       | ناجئة عن التنفيذ استعمال مواد غير مطابقة للمواصفات  |
| ٢٣٨       | تدرج الركام الكبير والصغير  |
| ٢٣٩       | أهم العوامل التي تؤثر على قوة الخرسانة ما يلي :   |
| ٢٤٠       | نوع الأسمنت المستخدم - الوسط المحيط بالخرسانة - أخطاء التسليح                               |
| ٢٤١       | شروخ نتيجة تربة التحميل وهبوطها   |
| ٢٤٣       | شروخ نتيجة التحميل الخارجي - شروخ التآكل  |
| ٢٤٤       | شروخ بسبب صدأ الحديد - شروخ بسبب الانتفاخ بالتربة   |
| ٢٤٥       | شروخ سببها ضغط المياه - شروخ بسبب صنع وصب الخرسانة  |
| ٢٤٦       | عيوب في الخرسانة ذات أسباب متعددة   |
| ٢٤٦       | القليح - بقع الصدأ - بقع الحريق - تلوين الخرسانة - انتفاخ الخرسانة                          |
| ٢٤٧ - ٢٤٩ | مجموعة من الأشكال تبين الأضرار الناجمة عن الأعمال   |

### الباب الثالث

#### اختبارات الخرسانة

|     |  |
|-----|--|
| ٣٥١ | الفصل الأول : الاختبارات على الخرسانة أثناء التنفيذ - أسس الاختبارات                           |
| ٣٥١ | الفصل الثاني : زيارة الموقع - دراسة المبنى إجمالاً   |
| ٣٥٢ | فحص المبنى من الخارج   |
| ٣٥٣ | فحص المبنى من الداخل   |
| ٣٥٤ | الفصل الثالث : اختبار الخرسانة غير المتلفة للخرسانة المتصلدة - عمل بقمجة - تأشير نهاية الشرخ - |
| ٣٥٤ | وضع دباب - طريقة القياس المعماري   |
| ٣٥٥ | طريقة دقيقة لقياس الشروخ بطريقة القياس المعماري  |
| ٣٥٦ | اختبار نوع كابو - اختبار وندسور - المنظار المكبر المقارن للشروخ                                |
| ٣٥٧ | جهاز مقياس الغطاء الخرساني والكشف عن وجود تسليح  |
| ٣٥٨ | جهاز المطرقة المرتدة - مطرقة شميدت   |
| ٣٥٩ | الاحتياطات الواجب اتخاذها عند استعمال المطرقة  |
| ٣٦٠ | اختبار بطريقة أشعة جاما  |
| ٣٦٠ | جهاز الكشف عن أماكن التسليح باكوميت  |
| ٣٦١ | جهاز الخلية النصفية ( النحاس والنحاس الكبريتي )  |
| ٣٦١ | الاختبار بقياس سرعة الموجات فوق الصوتية للخرسانة   |
| ٣٦٢ | إحكام اتصال الموجة مع الخرسانة - قياس سرعة الموجة  |
| ٣٦٣ | درجة دقة قياس الانتقال   |
| ٣٦٤ | تأثير الإجهاد  |
| ٣٦٥ | جهاز القياس  |
| ٣٦٦ | تفسير النتائج - قياس سرعة الموجات - تعيين المرونة ونسبة بواسون                                 |
| ٣٦٧ | العلاقة المتبادلة مع الاختبارات القياسية للقوة   |
| ٣٦٧ | توضيح أسلوب تفسير نتائج الاختبارات المتلفة لتحسين العيوب                                       |
| ٣٦٨ | توقع سمك طبقة خرسانة ذات جودة رديئة  |



منحنيات وصور خاصة بسريان الموجات فوق صوتية

**الفصل الرابع :** الاختبارات المتلفة للخرسانة - اختبار القلب الحرساني

العوامل التي تؤثر في اختبار القلب الحرساني

اختبار تحميل العناصر والمنشآت الحرسانية

## الباب الرابع

### مواد الإضافة وخرسانة الترميم ومواد اللصق

**الفصل الأول :** مواد الإضافة

أنواع مواد الإضافة وخصائصها

ضبط الجودة - المواصفات القياسية

اختصر للمواصفات الأمريكية A.S.T.M.C 494 type A

اختصر للمواصفات الأمريكية A.S.T.M type (A + D), (B + D)

اختصر للمواصفات الأمريكية A.S.T.M type (G) + (F)

اختصر للمواصفات الأمريكية A.S.T.M type (B)

**الفصل الثاني :** أعمال الترميم

الخرسانة الخاصة بأعمال الترميم - الخرسانة البولومرية الأسمنتية - الخرسانة البولورية

الخرسانة البولومرية والمشبعة (المغلظة كلياً) - الخرسانة المسلحة بالألياف

تأثير إضافة الألياف المختلطة على الخرسانة

المونة الأسمنتية ذاتية السوية قليلة الانكماش

روبة مستحلب الجنرال بوند - مونة الأسمنت والرمال البولورية

**الفصل الثالث :** البوهمرات واللدائن الإيوكسية

مقاومة اللدائن ( الإيوكسي في علاج الشروخ للضغط والقص والحرارة )

نتيجة التجربة والتوصيات - التجربة تحت تأثير الحرارة المرتفعة

تعريف وخصائص هامة عن البوهمرات واللدائن الإيوكسية

اختبار الحمامات حسب كل شرح

المواد الإيوكسية لأعمال الترميم والتقوية وحماية الخرسانة

دهانات الإيوكسي رزن

المواد الطاردة للماء - المواد والمركبات الراتنجية للصلق الخرسانة بين المواصفات القياسية

اختبار مقاومة الشد المباشر - اختبار تعيين معايير المرونة - اختبار مقاومة الانحناء

اختبارات الالتصاق فوق الضغط والقص المركبة - الالتصاق بالشد المباشر

**الفصل الرابع :** استعمال المواد الأيدروكربونية في مقاومة تآكل خرسانة الأسمنت والحديد والصلب

وفرة اللون والخرسانات البيتومينية بالمادة الأيدروكربونية

**الفصل الخامس :** عزل المنشآت عن تأثير الماء

عزل المنشآت إستاتيكياً عن فعل الماء بطريقة تشييد الحواط الخارجية للمبنى من مواد لها درجة عالية لعزل الماء

العزل باستعمال المواد الأيدروكربونية

الخواص الموحدة والخواص المختلفة بين المواد الناتجة من الفحم الحجري والمواد الناتجة من البترول

استعمال المواد الأيدروكربونية في عزل وحماية الحجرية وخرسانة الأسمنت

## الباب الخامس

### الإصلاحات الغير إنشائية والشروخ الغير إنشائية

**الفصل الأول :** الإصلاحات الغير إنشائية

- ٤٠١ تساقط الخرسانة
- ٤٠٢ التعشيش - الشروخ الرقيقة الشعرية الغير نافذة
- ٤٠٣ علاج الشروخ بطريقة التشرب بالتفريغ - الشروخ الظاهرة بالخرسانة
- ٤٠٤ فتح الشروخ لتغطيتها بمادة مطاطية - فتح الشروخ لسدها - ترميم الشروخ بالثقب والحشو
- ٤٠٥ طريقة الحقن الخاصة باستخدام الراتنجات الإيبوكسية
- ٤٠٦ وقف تقدم الشروخ بواسطة  $\frac{1}{4}$  ماسورة فوقها ولحامها - وقف تقدم الشروخ بطريق الغرز
- ٤٠٦ إصلاح الشروخ بالحقن بمونة الأمنت
- ٤٠٧ إصلاح الشروخ بالحقن بالمواد الكيماوية - السد بمونة مرنة
- ٤٠٨ تأكسد حديد التسليح - خطوات إصلاح حديد التسليح
- ٤٠٩ حماية أسياخ التسليح كهربائياً
- ٤٠٩ الفصل الثاني : الشروخ الإنشائية - تجهيز السطح وحقن المياه وتركيب أنابيب الحقن
- ٤١٠ خواص المواد المستعملة في الحقن - تقويم عملية الحقن - الشدة ذات القمع
- ٤١١ شبك التسليح - الحقن على الركام موضوع مسبقاً - تفريغ جزء من عامود وإعادة صبه

## الباب السادس

### طرق ترميم وتقوية وعلاج العناصر الإنشائية المختلفة

- ٤١٣ الفصل الأول : تدعيم البلاطات
- ٤١٤ إضافة طبقة خرسانية أعلا البلاطة - إضافة طبقة خرسانية أسفل البلاطة
- ٤١٥ إضافة كمرات حديد تحت البلاطة - عمل حائط - تقوية البلاطات الكابولية - بلكونة محمولة على كمرات وكوابيل
- ٤١٧ بلكونة تعمل كبلاطة كابولي
- ٤١٨ بلكونة تحمل على كوابيل حديد - تقوية البلاطة في القص باستخدام ألواح الصلب
- ٤١٩ الفصل الثاني : تدعيم الكمرات
- ٤١٩ علاج صدأ الحديد السطحي - علاج صدأ حديد التسليح الرئيسي المؤثر على الكمرات
- ٤٢٠ إضافة طبقة جديدة في منطقة الضغط
- ٤٢١ تقوية الكمرات بعمل شرائح حديدية أو كمرات مجرى
- ٤٢١ تقوية الكمرات مع البلاطة بواسطة شرائح الحديد
- ٤٢١ تقوية الكمرات بعمل قميص من علية صاج - زيادة تسليح القص
- ٤٢٣ تقوية الكمرات الخرسانية بإضافة كمرات حديدية أو لزيادة عمقها - استخدام الشد الخارجي
- ٤٢٤ الفصل الثالث : تقوية الأعمدة
- ٤٢٤ ترميم وتقوية الأعمدة الخرسانية استبدال الجزء التالف من الغطاء الخرساني
- ٤٢٥ القمصان ( التفليف ) للأعمدة
- ٤٢٥ طريقة عمل قميص من الخرسانة المسلحة
- ٤٢٦ القمصان الحديدية للأعمدة
- ٤٢٧ الأسباب التي أدت إلى تصدع العامود الذي بالصورة
- ٤٢٨ زيادة أحمال الأعمدة في حالة عدم وجود أي عيوب ظاهرة في الخرسانة
- ٤٢٨ مثال يشمل البلاطات والكمات والأعمدة - تدعيم البلاطات
- ٤٢٩ خطوات تنفيذ تدعيم الكمرات
- ٤٣١ خطوات تنفيذ تدعيم الأعمدة

مثال لتغير النظام الإستاتيكي للعناصر الحاملة للمنشأ

٤٣٧

مجموعة صور لأعمدة حدث لها عيوب

٤٣٥، ٤٣٤

مجموعة صور من البلاطات والكمرات والعيوب التي يسببها حدث التصدع

٤٣٦

الفصل الرابع : الأساسات

خطأ في تطبيق الأحمال على تربة الأساسات - عيوب في تربة التأسيس

٤٣٧

مؤثرات خارجية على الأساسات وترتيبها

٤٣٨

خطأ في تنفيذ الأساسات أو تصميمها ( الإنشائي ) أو الجيوتكنيكي

٤٣٩

تدعيم وتقوية وعلاج الأساسات السطحية - علاج صدأ الحديد - إصلاح الشروخ الخرسانية بالأساسات

٤٤٠

زيادة مساحة التحميل على الأرض أو زيادة ارتفاع القاعدة

٤٤١

زيادة مساحة القواعد المنفصلة بدون الحفر أسفلها

٤٤٢

زيادة ارتفاع القاعدة المسلحة في حالة عمل جهد التربة للأحمال الزائدة أو حقن التربة أسفل القاعدة القديمة

٤٤٣

زيادة مساحة القاعدة أسفل القاعدة القديمة - زيادة مساحة القاعدة وارتفاعها

٤٤٤

تقوية الأساسات بتحويل القاعدة المنفصلة إلى لبشة

٤٤٤

تقوية الأساسات بزيادة سمك اللبشة

٤٤٥

مثال لبنى مسجد لا يتحمل سوى دور واحد والمراد زيادة خمسة أدوار فوقه - وتدعيم الأساسات

٤٤٦

الأعمدة - الكمرات والبلاطات

٤٤٨

إضافة قواعد مسلحة زيادة وعلاج الأساسات لإنشاء مبنى على تربة متفخخة

٤٤٩

حقن التربة

٤٥٠

تجمد التربة

٤٥١

الأساسات العميقة - استعمال الخوازيق

٤٥٢

مثال لبنى له قواعد منفصلة وتم زيادة أساسات غازوقية جديدة

٤٥٣

صور لمجموعة من الأعمدة والحوامل التي تأثرت للبل والجفاف

٤٥٤

القصصان

٤٥٥

## الباب السابع

أثار الرطوبة - الطبقات العازلة للحرارة والرطوبة

تخفيض مياه الرشح

الفصل الأول :

أثار الرطوبة في إحداث تصدعات المائي وطرق التعامل معها - الرشح الناتج عن تسرب التجهيزات الصحية

٤٥٧

الرشح الناتج عن المظولات المطرية

٤٥٨

الرشح الناتج عن المياه الجوفية - العزل - الصرف - دور الأشجار

٤٥٩

الرشح الناتج عن صعود الماء بالخاصة الشعرية

٤٦٠

الفصل الثاني : الطبقات العازلة للرطوبة

٤٦١

رسومات خاصة بطريقة العزل

٤٦٢

أنواع الطبقات العازلة - طبقة عازلة للأسفلت - البيروكس

٤٦٣

البيروبلاست - البيتومين على البارد العاكس لأشعة الشمس

٤٦٤

المواصفات لمواد الإضافة وتحتصر في ثلاثة أنواع

٤٦٤

العزل بمواد لإشراق الأسطح - الفاندكس

٤٦٥

استخدامات مادة الفاندكس العازل للمياه والرطوبة

٤٦٦

دور بروف

٤٦٧

|     |  |
|-----|--|
| ٤٦٨ | طريقة عزل حمام سباحة بالووتر بروف - طريقة العزل حول ماسورة |
| ٤٦٩ | سيتوكس فكس   |
| ٤٧٠ | المواصفات الفنية للإيبوكسى المازل - حماية الأسطح الخارجية  |
| ٤٧١ | الطبقات العازلة للحرارة                                    |
| ٤٧٢ | ملخص الطبقات العازلة للحرارة باختصار في البنود الآتية      |
| ٤٧٣ | عزل الواجهات من الحرارة                                    |
| ٤٧٣ | الفصل الثالث : تخفيض مياه الرشع وصيانة الأساسات            |
| ٤٧٤ | نماذج مبسطة لتخفيض مياه الرشع                              |
| ٤٧٥ | استخدام أسلوب الآبار الإبرية                               |
| ٤٧٦ | تخفيض أرض الموقع - طريقة نزع الآبار المرشحة                |
| ٤٧٧ | مثال لعلاج تسرب المياه الأرضية داخل البندوب لمبنى بالجيزة  |
| ٤٧٨ | النماذج التي تم بها الإصلاح                                |
| ٤٧٩ | العلاج المقترح   |
| ٤٨٠ | مثال لعلاج تسرب المياه لمبنى مستشفى بالقاهرة               |
| ٤٨٢ | مثال لتخفيض المياه الجوفية بطريقة الآبار العميقة           |
| ٤٨٢ | نظام تخفيض المياه الجوفية باستخدام الآبار العميقة          |
| ٤٨٤ | تصميم زلط الفلتر   |
| ٤٨٥ | توصية تنفيذ الآبار العميقة                                 |

## الباب الثامن

### أعمال البناء - ومعايير المعاينة والزلازل والأحمال

|         |  |
|---------|--|
| ٤٨٧     | الفصل الأول : طريقة البناء   |
| ٤٨٨     | المباني ذات الحوائط الحاملة  |
| ٤٨٩     | جدول يبين سمك الحوائط حتى ستة أدوار فوق الأرض  |
| ٤٩٠     | المباني الهيكلية - الطبقات العازلة للحرارة - وحماية المباني من الخارج                              |
| ٤٩١     | شكل يبين قطاع رأسى فى مباني حاملة  |
| ٤٩٢     | الفصل الثانى : أعمال البناء بالبدش   |
| ٤٩٢     | مسميات الأحجار تبعاً لأحجامها  |
| ٤٩٤     | صور أنواع البناء بالبدش  |
| ٤٩٥     | الأنواع المختلفة من الأحجار المستخدمة فى البناء  |
| ٤٩٦     | مقاسات الأحجار المستعملة فى البناء - طريقة البناء - مكان وطريقة وضع الأحجار فى المبنى وطريقة ربطها |
| ٤٩٧     | الإجهادات التى يتعرض لها المنشأ الحجر وأسبابها   |
| ٤٩٧     | الفصل الثالث : أسباب انهيار المباني بالطوب أو الحجر  |
| ٤٩٨     | أسباب الشروخ الرأسية فى الحوائط الحاملة وعلاجها  |
| ٤٩٩     | أسباب الشروخ الأفقية فى الحوائط وعلاجها  |
| ٥٠٠     | أسباب الشروخ المائلة فى الحوائط وعلاجها  |
| ٥٠٣-٥٠١ | صور لمباني تصدعت   |
| ٥٠٤     | الفصل الرابع : معايير المعايينات لمعرفة أسباب الانهيارات   |
| ٥٠٤     | المقدمة  |
| ٥٠٥     | يجب دراسة هذه التقارير ثلاثة أسباب   |
| ٥٠٥     | التقرير الأول صادر من الأمانة الاستشاريين للشركة للتفلة  |

|     |  |
|-----|--|
| ٥٥٥ | المقدمة - المعالجة - توصيف المباني - ملاحظات عامة  |
| ٥٥٥ | التنفيذ - مباني الدبش - أعمال الخرسانة المسلحة - أعمال التشطيبات - العلاج                                |
| ٥٥٦ | التقرير الصادر من الأستاذ الدكتور الاستشاري بجهة المجمعات العمرانية للرد على تقرير السادة استشاري الشركة |
| ٥٥٦ | المعالجة   |
| ٥٥٧ | الرد على الملاحظات العامة  |
| ٥٥٨ | التنفيذ  |
| ٥٥٩ | العلاج المقترح   |
| ٥١٠ | الاجاورة ٨   |
| ٥١١ | الفصل الخامس : الزلازل   |
| ٥١١ | المعايير العالمية لشدة الزلازل وتقسيم مصر من حيث النشاط الزلزالي   |
| ٥١٣ | جدول يبين معامل مطولية المنشأ K - جدول يبين معامل أهمية المنشأ I   |
| ٥١٤ | التوزيع الرأسى لقوى القص الأفقية الكلية المكافئة لقوى الزلازل  |
| ٥١٥ | عزم الى الأفقى الإستاتيكي المكافئ  |
| ٥١٦ | التحليل بالطريقة الديناميكية - الأحمال الرأسية الناتجة عن الزلازل  |
| ٥١٦ | اشتراطات التشكيل المعمارى العام للمبنى فى المناطق الزلزالية  |
| ٥١٧ | تفاصيل إنشائية   |
| ٥١٨ | كمرات الرباط الخرسانة المسلحة والمبينة فوق وحدات بناء مصمت   |
| ٥١٩ | استخدام أعمدة مسلحة  |
| ٥٢٠ | وحدات البناء - مونة البناء   |
| ٥٢١ | الأسطح البناية - الأسقف - تغطية المباني وتعديل الشكل المعمارى - الأعمدة من الطوب                         |
| ٥٢٢ | الحوائط المستخدمة كستائر خارجية - التكمية - استخدام واحدت البناء المفرغة                                 |
| ٥٢٣ | البناء بواحد البناء الطبيعية مباني الدبش   |
| ٥٢٤ | الحوائط التى تحمل خزانات ذات سعة بسيطة - متطلبات معمارية - الفواصل                                       |
| ٥٢٥ | الفصل السادس : الأحمال   |
| ٥٢٥ | العناصر غير التقليدية يتم السماح بها عند توافر بيانات - الأحمال التصميمية للزلازل على المباني            |
| ٥٢٧ | جدول يبين أوزان الحوائط والقواطع باستخدام وحدات مختلفة من الطوب  |
| ٥٢٨ | أحمال الرياح - الرموز - الحمل الإستاتيكي المكافئ لتأثير الرياح - الضغط أو السحب الخارجى                  |
| ٥٢٩ | الضغط أو السحب الداخلى - ضغط الرياح الأساسى  |
| ٥٣٠ | معامل التعرض K - معامل التأثير الديناميكي G - معامل توزيع ضغط الرياح C                                   |
| ٥٣١ | شكل يبين معامل توزيع ضغط الرياح الداخلى فى حالة وجود فتحات   |
| ٥٣٢ | شكل يبين معامل ضغط الرياح للمباني التى يزيد لارتفاعها عن ضعف عمقها                                       |
| ٥٣٣ | شكل يبين معامل الرياح للأسقف المائلة   |
| ٥٣٤ | شكل يبين معامل توزيع ضغط الرياح للمباني من الدور ذات الأسطح على شكل سن منشار للتأثيل                     |
| ٥٣٤ | والذى على زاوية ٣٠ - ٦٠ و جدوله  |
| ٥٣٥ | جداول تبين ضغط الرياح ذات السقف بميل ٣٠ - ٦٠ - شكل يبين ضغط الرياح للمآذن والمداخن                       |
| ٥٣٦ | جدول يبين ضغط الرياح الخارجى للمآذن والمداخن الأسطوانية - شكل يبين المنشآت الكروية                       |
| ٥٣٧ | شكل يبين توزيع ضغط الرياح بزاوية اتجاه الريح من صفر - ٣٠ أو ٩٠   |
| ٥٣٨ | شكل يبين قيم معامل الرياح الكلية C <sub>p</sub> للأسوار والحوائط الخارجية                                |
| ٥٣٩ | جدول يبين قيمة معامل الرياح الكلية C <sub>p</sub>  |

## تصويب الأخطاء

## الصواب

## الخطأ

## عامود

## سطر

## صفحة

|   |   |   |    |     |
|---|---|---|----|-----|
| ثمانية أبواب  | سبعة أبواب  | ٢ | ١٨ | ١   |
| ثانياً  | ثالثاً  | ١ | ٣  | ١٦  |
| القشرة الأرضية  | القشرة الأرضية  | ٢ | ٩  | ٢١  |
| تمدد الفجوة expanded cavity   | تمدد الفجوة   | ٢ | ٥  | ٣٨  |
| والجبس  | والجبس  | ١ | ١٢ | ٣٩  |
| الجامد very soft to hard clay                                       | الجامد  | ١ | ٢٨ | ٢٩  |
| ضخمة  | صخمة  | ٢ | ١٠ | ٦٠  |
| (Al <sub>2</sub> Si O <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O)                | (Al <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O)                   | ٢ | ٢١ | ٦١  |
| الجبسيت   | الجبسيت   | ٢ | ٢٣ | ٦١  |
| ضغط انتفاش  | ضغط انتفاش انتفاش   | ٢ | ٢٨ | ٦٣  |
| 15.5 cm <sup>2</sup>  | 15.5/cm <sup>2</sup>  | ١ | ٢٨ | ٩٥  |
| $\frac{M}{K_2 \cdot 87T}$   | $\frac{M}{k_2 \cdot 78T}$   | ١ | ٣٢ | ٩٥  |
| $\frac{wL^2}{2} / m$  | $\frac{wL^2}{2} / m$  | ١ | ٢٨ | ١١٠ |
| Check of Q <sub>s</sub>   | check of Q  | ١ | ٤  | ١١٥ |
| Q <sub>p</sub> = 70 - (30 X 50) X 4.2                               | Q <sub>p</sub> = 70- (.30x50)x4.2                                     | ١ | ١٩ | ١٢٩ |
| we design this beam as. (T) section                                 | we design at T section  | ١ | ٣٣ | ١٣٥ |
| condition   | conduction  | ١ | ٨  | ١٣٦ |
| 30 K <sub>g</sub> / cm <sup>2</sup>                                 | 30k/cm <sup>2</sup>   | ١ | ١٢ | ١٣٦ |
| التدالة   | التدالة   | ١ | ٧  | ١٤٥ |
| نوع الكعب أما مخروط من الزهر أو يتم                                 | نوع الكعب فيم   | ١ | ٢  | ١٤٦ |
| تزال عن   | تزن على   | ١ | ٤  | ١٤٦ |
| $\Phi \frac{r}{4}$  | $\Phi \frac{r}{4}$  | ١ | ٥  | ١٥٨ |
| $\Phi \frac{r}{4}$  | $\Phi r$  | ١ | ٦  | ١٥٩ |
| Q <sub>all</sub> = 45N (πR <sup>2</sup> ) + (N/3) (2πRL) .KN        | Q <sub>all</sub> = 45 (π R <sup>2</sup> ) + (N/3) (2πRL) KN           | ١ | ٤  | ١٦٢ |
| العلاقة   | العلاقة   | ١ | ١٩ | ١٦٣ |
| $\sqrt{P_{11}^* \times P_{12}^* \times P_{13}^*}$                   | $\sqrt{P_{11}^* \times P_{12}^* \times P_{13}^*}$                     | ١ | ٢٤ | ١٦٣ |
| رمل كثيف  | رمل كثيف  | ٢ | ٢٥ | ١٧٢ |
| $\frac{wH^2}{2} \left( \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right)$ | $\frac{wH^2}{2} \left( \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \alpha} \right)$ | ١ | ١٥ | ١٩٨ |
| $b = -b \sqrt{\frac{b^2 - 4ac}{2a}}$                                | $b = \pm b \sqrt{\frac{b^2 - 4ac}{2a}}$                               | ١ | ٢١ | ٢٠١ |
| P <sub>v</sub>  | P <sub>v</sub>  | ١ | ٦  | ٢٠٢ |
| b = القاعدة السفلى + سمك الحائط من أعلا                             | b = القاعدة السفلى للحائط + سمك الحائط من أعلا                        | ١ | ١٩ | ٢٠٢ |
| ٢   |   |   |    |     |
| From example (6) get <sup>2</sup> P, P̄, W <sub>1</sub>             | From example (6) get P, P̄, W <sub>1</sub>                            | ١ | ٦  | ٢٠٨ |
| ارتفاع الخرسانة   | ارتفاع الخرسانة = t   | ١ | ١٤ | ٢٠٩ |
| T + ارتفاع الأعمص = D   | D = ارتفاع الأعمص + t   | ١ | ١٥ | ٢٠٩ |
| If we say   | If not say  | ١ | ١٩ | ٢٠٩ |

| صفحة | سطر             | عمود | الخطأ   | التصويب  |
|------|-----------------|------|---|--|
| ٢١٠  | ٥ من آخر الصفحة | ١    | $\frac{Mx-x \times D/2}{1.00 \times d^3/12}$            | $\frac{Mx-x \times D/2}{1.00 \times d^3/12}$             |
| ٢١٢  | ٢٨              | ١    | $A_s = \frac{M}{K_2 \times .78T}$                       | $A_s = \frac{M}{K_2 \times .78T}$                        |
| ٢١٦  | السطر الأخير    | ١    | $q_s = \frac{Q_s}{.87d}$                                | $q_s = \frac{Q_s}{.87T \times b}$                        |
| ٢٢٤  | السطر الأخير    | ١    | $F_2^1 = \frac{VR}{A} + \frac{6m}{bt^2}$                | $F_2^1 = \frac{VR}{A} \pm \frac{6M}{bt^2}$               |
| ٢٢٥  | ١٤              | ١    | ٢٥, بمقدار العزم الحالي                                 | ٢٥, بمقدار العزم الحالي                                  |
| ٢٨٨  | ١٥              | ١    | bas   | base   |
| ٢٣٠  | ٢٨              | ١    | $F_{oy}$  | $F_{oy}$   |
| ٢٣١  | ٤               | ١    | 14.07   | 14.07 ton/m  |
| ٢٣٢  | ٤               | ١    | Total pressure on heel/m                                | Total pressure of heel/m                                 |
| ٢٣٢  | ٣٤              | ١    | $A_s = .025\% A$  | $A_s = .025\% A_c$                                       |
| ٢٣٤  | ٤               | ١    | B.mat Pt A  | B,M at Point A   |
| ٢٥٧  | ٧               | ٢    | أملاح الأبرنوم  | أملاح الألمنيوم  |
| ٢٧٣  | ٣               | ١    | $P_{as} = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_{as}$                | معادلة رقم (٢٠) $P_{as} = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_{as}$ |
| ٣٠٣  | ٢٧              | ١    | سنة الإنشاء<br>سبب التصدع                               | سنة الإنشاء<br>سبب التصدع                                |
| ٣٢١  | ٢٩              | ٢    | amixtures   | admixtures   |
| ٣٢٤  | ٤               | ٢    | الحزبي  | الجزعي   |
| ٣٢٦  | ١٢              | ٢    | المكرره   | التكررة  |
| ٣٨٧  | ٢               | ٢    | منخفض نكن أعلى من الإيوكسي                              | منخفض لكن أعلى من الأيوكس                                |
| ٣٩٢  | ١٤              | ١    | ج - ضرورة استعمال نسبة قليلة من الماء مع ملاحظتها جيداً | ج - ضرورة استعمال نسبة قليلة من الماء مع ملاحظتها جيداً  |
| ٣٥٦  | ٢١              | ١    | تفريز   | تفريز  |
| ٤٠١  | ٢٧              | ٢    | يونادين   | يونادين  |
| ٤٠٢  | ١٨              | ٢    | يونادين   | يونادين  |
| ٤٠٣  | ١٢              | ٢    | الأزمل  | الأزمل   |
| ٤٢٧  | صوره            | ١    | صورة لمامود   | المامود رسمه مقلوب                                       |
| ٤٣٠  | ٦               | ٢    | ثم  | ثم   |
| ٤٣١  | ١٨٠,١٢,٧        | ١    | ثم  | ثم   |
| ٤٣٨  | ٧               | ٢    | أوفى درجه   | لوفى درجه  |
| ٤٤٦  | ٢٣              | ١    | الخرسانة العلويه  | الخرسانة العادية   |
| ٤٤٨  | ٢٤٠,٢٣          | ١    | ١٠,١٠ اسم   | ١٠,١٠ م  |

| الصفحة | السطر      | عامود | الخطأ                                  | التصواب   |
|--------|------------|-------|--|---|
| ٤٤٨    | ٨          | ٢     | بالسقف بأعرام                          | بالسقف من أعلا بأعرام   |
| ٤٤٨    | ٢٦         | ٢     | الأشجار                                | الأشجار   |
| ٤٨٨    | ١٦         | ١     | أو أكتاف سائده                         | أو أكتاف سائده  |
| ٥٠٣    | صوره       |       | شروخ رأسيه بارتفاع الحائط وفوق الأعتاب | شروخ رأسية للأسفل في مبنى من الدبش  |
|        |            |       | في مبنى من الدبش بسبب الزلزال          | بسبب الزلزال  |
| ٥٠٥    | ٢٦، ٢١، ١٨ |       | شركة                                   | شركة ( ..... )  |
| ٥١٣    | ١          | ٢     | ( I )                                  | ( I )   |
| ٥١٩    | ٩          | ٢     | ٢٥ × ٢٥                                | ٢٥ × ٢٥ سم  |
| ٥٢٣    | ١          | ٢     | نرجع إلى الباب الثاني من هذا الجزء     | يرجع إلى الفصل الثاني من هذا الباب  |
| ٥٢٤    | ٢          | ٢     | الزلزال حسب الفقرة                     | الزلزال حسب فقرة الفواصل التالية  |
| ٥٢٩    | ٣٦         | ١     | تعرض                                   | تعرض  |
| ٥٣٠    | ١٦         | ٢     | هذا الكود                              | هذه الدراسة   |
| ٥٣٠    | ٢٩، ٢٣     | ٢     | C <sub>1</sub>                         | C <sub>1</sub>  |
| ٥٣٣    | قبل الرسم  | ١     | في أول الصفحة لا شيء                   | للأسقف التي تقل ظل زاوية ميلها عن ٤ - ٨، يؤخذ حمل الرياح سحب ويحفظ حسب الحدود الموضحة |
| ٥٣٣    | ٩، ٥، ٢    | ١     | C <sub>1</sub>                         | C <sub>1</sub>  |
| ٥٣٤    | ١          | ٢     | C                                      | C <sub>2</sub>  |
| ٥٣٧    | ٢٤         | ٨     | -0.2                                   | +0.2  |



## أخى الزميل القارىء

• لقد كنت بحق - صديقى القارىء - مشاركاً بالرأى والفكر من خلال رسائلك العديدة التي وصلتني، وحلقات المناقشة التي عقدناها فيما ورد بكتاب الموسوعة الهندسية والمنشأة المعمارية، وأوحيت لى عن القصور فى المواد العلمية التي لم أقدمها للآن ونتاجاً لهذا سألت الله فأعاننى فى تأليف كتابى الثالث (الإنشاء والانهيـار) كما أوضحنه بالمقدمة.

• لأن أى عالم أو مفكر يغيب - بعد قضاء الله - عن مسرح الحياة، يأخذ معه كل عبقرته أو فكره مهما كان حجمه صغيراً أو كبيراً مع قدراته الخلاقة، فلا أقل من أن يسجل إنتاجه على صفحات الكتب ذخيرة للعلم والعالم والحياة.

• وإنى لأدعو جميع المتخصصين وذوى الخبرة العلمية والعملية والعلماء فى كل مجال يبلادنا العربية لإصدار كتب تضم بين دفتيها خبرتهم، بصرف النظر أكانت قليلة أو كثيرة، شريطة التأكيد والإلام بما يكتب. وأسأل الله تبارك وتعالى أن ييسرهم للخير ويسر الخير لهم، ويعينهم على الحسنات ويضاعف لهم الثواب فيما يكتبون وذلك مضداً للحديث الشريف: «إذا مات ابن آدم انقطع عمله إلا من ثلاث: صدقة جارية وعلم ينتفع به وولد صالح يدعو له».

• ولأخذ عبرة من قول الخليفة عمر بن عبد العزيز، الذي عاش حياته من جانبيها، حيث لم يترك قبل توليه الخلافة لوناً من رفاهية الحياة لم يرتشف منها، والذي لم يدع بعد توليه الخلافة أحد ألوان التقشف لم يتبعه وعامسه حيث قال: (إن استطعت فكن عالماً - فإن لم تستطع فكن متعلماً - وإن لم تستطع فصاحبهم - فإن لم تستطع فلا تكرهمهم).

• قال ديجول رمز فرنسا المعاصرة فى مذكرته وتعجبه لانشغال الناس فى دول العالم بالمشاكل بدلاً من التعاون فى سبيل الخير قائلاً: (كلما نظرت للنجوم وأعمال السماء زدت إحساساً بتفاهة كل ما يجرى على الأرض من مشاكل. والعلم خير وسيلة لحل هذه المشاكل).

• إلى كل من يضيف إضافة جديدة لتطور بلدنا. إلى كل من تعلمت على يديه لأساعد فى خدمة بلدى. إلى كل أساتذتى وأحيائى وزملائى: أمل أن ينال كتاب «الإنشاء والانهيـار» رضاك. وقد جاءت محققة لكل ما يجول بخاطرك وإنها لكذلك ياذن الله. كما أرجو أن يكون كتابى هذا موصلاً جيداً بينى وبينك راجياً الاتصال بى لأى إضافة أو تعقيب أو مناقشة. • فأى فكر جديد أو بحث متطور هو إثراء للإنشاء والانهيـار حتى تواكب التطور العصرى.

مهندس / عبد اللطيف أبو العطا البقرى

٤٢ شارع الدكتور عبد الله العربى - الحي السابع / مدينة نصر

تليفون: ٦٠٦٣٥٤

جمهورية مصر العربية.

حقوق الطبع والنشر محفوظة للمؤلف ومحظور إعادة طبع أو نشر أو تحويل كتاب (الإنشاء والانهيار) أو أى جزء منها بأى أسلوب من أساليب الطباعة أو النشر أو التصوير إلا بموافقة كتابية مسبقة من المؤلف شخصياً وإلا تعرض المخالف لأحكام القانون ويكون للمؤلف الحق فى المطالبة بالتعويض الذى يراه مناسباً .  
وذلك طبقاً للقانون رقم ٣٥٤ سنة ١٩٥٤ وتعديلاته حتى آخر رقم ٩٨ سنة ١٩٩٢

### محتويات الكتاب

- الجزء الأول : دراسة الموقع من صفحة ٣- حتى صفحة ٤٤ .
- الجزء الثاني : الأساسات السطحية والعميقة من صفحة ٤٥ حتى صفحة ١٨٠ .
- الجزء الثالث : الحوائط الساندة من صفحة ١٨١ حتى صفحة ٢٤٠ .
- الجزء الرابع : تصدع المباني وعلاجها من صفحة ٢٤١ حتى صفحة ٥٣٩ .

رقم الإيداع بدار الكتب ٩٤/٢١٩٢

الترقيم الدولي 0 - 6492 - 00 - 977 I.S.B.N



- إعادة تصميم مشروعات الجارى والمياه والطرق للمدن العسكرية بدهشور والإشراف على تنفيذها عند شغله منصب نائب رئيس الجهاز للتفتيش لمشروعات التعمير الخاصة
- دراسة مختلف العطاءات كرتيس قطاع الشئون الفنية مشروعات والمفاوض المساعد بشركة الصعيد العامة للمقاولات ومن أهمها :  
• شقق المقطع والإشراف على تنفيذها  
• المنصرف المغلقة بمحاطلة سوهاج ومساحتها ٥٥٠٠ فدان  
• محطة المياه ومحطة المجارى وشبكاتها بمدينة القطم  
• محطة مجارى الفيوم  
• محطة مجارى المنصورة  
• محطة مجارى المحمودية  
• فرع إدارة المشروعات الكبرى للقوات المسلحة عام ١٩٨٨ لمحاضرة لفضائط المهندسين العظام بالقوات المسلحة عن إعداد ودراسة العطاءات فى المقاولات  
• تأليف المنشأة المعمارية للتصميم الإشرافى والكميات والتوصيفات ودراسة العطاءات الطبعة الأولى سنة ١٩٨٨  
• تأليف الموسوعة الهندسية الطبعة الأولى عام ١٩٨٠ وللطبعة الثانية عام ١٩٨٢ والطبعة الثالثة عام ١٩٨٤ والطبعة الرابعة عام ١٩٨٨ والطبعة الخامسة سنة ١٩٩٤  
• الإنشاء والانهيار لدراسة الموقع، والاساسات السطحية والعميقة، الحواصط السائدة : تصديق العياني وعلاجه الطبعة الأولى ١٩٩٤

## هذا الكتاب

- على جميع شواح الخوازيق - قدرة تحمل الخوازيق - المختبرات تحمل الخوازيق وهبوطها - القيسونات - الدعائم
- الجزء الثالث ( الحواصط السائدة ) : ويشمل هذا الجزء على ثلاثة أبواب وهي استكشاف الموقع - تصميم الحواصط السائدة من الطوب - تصميم الحواصط السائدة من الخرسانة العادية والمسلحة مع حل أربعة عشر نموذجاً مع شرح واف للتقنيات التى بنى عليها حل هذه النماذج
- الجزء الرابع ( تصديق المبانى وعلاجها ) : ويشمل هذا الجزء على ثمانية أبواب وهي المواد وتصميم والتفتيش - الشروع فى المبانى - اختبارات الخرسانة - مواد الإضافة وخرسانة الترميم والملصق - الشروع الإنشائية والغير إنشائية - دراسة ثلثة لكل عنصر وسبب الشروع والملاج للطلاءات والكميات والأبعاد والاساسات السطحية والعميقة - آثار الرطوبة والظلمات المازلة
- الترسج - أصناف والاعمال

## الجيوتقنية التفتيش

